



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

Technische Dienste – Mechanische Werkstätten

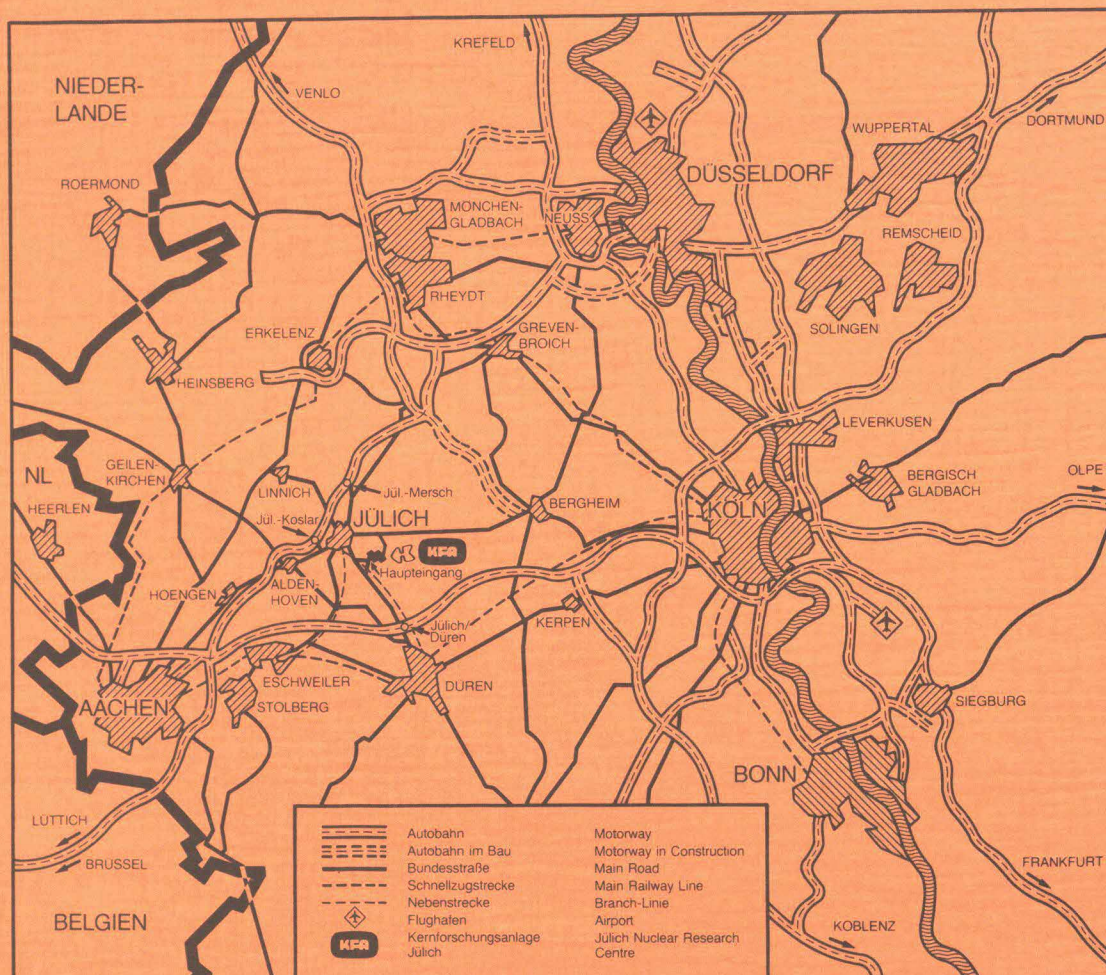
**Kriterien zur Auswahl von Werkstücken
für konventionelle oder NC-Fertigung
(Dreh-, Bohr- und Fräsbearbeitung)**

von

C. Doose



Jül-Spez-338
November 1985
ISSN 0343-7639



Als Manuskript gedruckt

Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 338
Technische Dienste – Mechanische Werkstätten Jül-Spez-338

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
 Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)
 Telefon: 02461/610 · Telex: 833556-0 kf d

Kriterien zur Auswahl von Werkstücken für konventionelle oder NC-Fertigung (Dreh-, Bohr- und Fräsbearbeitung)

von

C. Doose

Gedruckt als Manuskript des Vortrages zur
Tagung des AGF-Ausschusses Technische Dienste
am 22. und 23.10.1985 in der
Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (GSF),
München Neuherberg

Inhaltsverzeichnis

	Text	Anhang	
	Seite	Bild/Tab.	Seite
1. Einführung	2		
1.1 Einsatzbereiche unterschiedlich automatisierter Maschinen	2	1	18
1.2 Fertigungs- und Investitions- Kostenvergleich	2	2,3 4,5	19,20 21,22
2. Auswahlkriterien für konventionelle und/oder NC-Fertigung	4	6,7	24,25
2.1 Berechnung der Herstellkosten	4	1,2	27,28
2.2 Systematische Teilebewertung	5		
2.3 Teilebewertungsmerkmale	6	8	29,30
2.4 Teilebewertungsmethoden	6		31-47
3. Erfahrungen in der KFA	7		
3.1 Teilebewertung	7		
3.2 Grenzen des NC-Maschinenbedarfs	8		
3.3 NC-Programmierung in der Arbeitsvorbe- reitung und CNC-Werkstattprogrammierung	10		
3.4 Einsatz von NC-Maschinen	11		
4. Zusammenfassung	13		
5. Literaturverzeichnis	16		
6. Anhang	17		17-47

1. Einführung

1.1 Einsatzbereiche unterschiedlich automatisierter Maschinen

Unterschiedlich automatisierte Maschinen verursachen nicht nur durch die unterschiedlichen Investitions- und Betriebskosten, sondern vor allem durch unterschiedliche Bearbeitungszeiten sehr unterschiedliche Herstellkosten der Werkstück- oder Teilefertigung.

In diesem Zusammenhang fällt das Augenmerk meist auf die durch Losanzahl und Losgröße bestimmte Menge der herzustellenden Werkstücke (Bild 1). Dabei kann die Fertigung gerade auch eines Einzelteils auf einer NC-Maschine günstiger sein als auf einer konventionellen Universal-Dreh- oder -Fräsmaschine. Allgemein gilt dafür die Grundregel, daß die u.a. vom Werkstoff und von der geometrischen Komplexität abhängigen Herstellkosten von "komplizierten" Werkstücken auf höher automatisierten Maschinen oft günstiger sind (obwohl dies natürlich nicht auf die Automatenfertigung zutrifft).

1.2 Fertigungs- und Investitions-Kostenvergleich

Wenn man diese Aussage akzeptiert, dann wird man sich sowohl bei Maschineninvestitionen als auch bei der Maschinenauswahl und -belegung zur Abwicklung des täglichen Fertigungsprogramms vor Augen führen müssen, wie die technologische und geometrische Struktur des Teilespektrums aussieht, um die richtige Wahl für eine wirtschaftliche Fertigung zu treffen.

Qualitativ ist der Kostenvergleich zwischen konventioneller und NC-Fertigung (Bild 2) in der Literatur schnell gefunden und so pauschal auch einleuchtend, obwohl sich die Losgröße bei genauerer Betrachtung nur bei einfachen Werkstücken als ausschlaggebendes Entscheidungskriterium erweisen wird. Überraschend könnte sein, daß sich die Automatenfertigung schon bei relativ kleinen Serien lohnt (Bild 3), wenn hohe Stückzahlen pro Los zu erwarten sind.

Diese Voraussetzungen sind in den Werkstätten von Forschungszentren - wenn überhaupt - sicherlich nur sehr selten erfüllt, weil dort die Einmal- oder Prototypfertigung bei weitem überwiegt. Manchmal hört man dann, wirtschaftliche Fertigung sei angesichts der besonderen technischen und organisatorischen Bedingungen der Prototypfertigung kein so ausschlaggebendes Argument. Dazu muß aber angemerkt werden, daß sich die Herstellkosten stets aus einem Einheitskostenanteil (Stundensatz) und einem Zeitanteil (zeitlicher Aufwand) errechnen. Wirtschaftlicher fertigen heißt daher in erster Linie Fertigungszeit einsparen; es entstehen zusätzlich verfügbare Kapazitäten - ein doch wohl stets interessanter Aspekt.

Die Auswahl des geeigneten Maschinentyps ist also auch in Forschungswerkstätten außer nach technischen auch nach Kapazitäts- und Kostenkriterien zu treffen, die sowohl den Stundensatz als auch den zeitlichen Aufwand berücksichtigen. Dabei sind die Stundensätze nur langfristig variabel, schwerer beeinflussbar und meist durch eine stetige Tendenz "nach oben" gekennzeichnet, den zeitlichen Aufwand kann man durch geeignete Maschinenauswahl und -belegung aber täglich beeinflussen.

Zu den angestammten Aufgaben der Arbeits- oder Fertigungsplanung (Bild 4), einem Teil der Arbeitsvorbereitung, gehört die Verfahrensplanung mit dem Vergleich der Fertigungs- bzw. Herstellkosten der verfügbaren Fertigungsverfahren und die Auswahl möglichst zeit- und kostensparender Betriebsmittel. Sind neben konventionellen Maschinen auch NC-Maschinen vorhanden und will man bei der täglichen maschinellen Bearbeitung Zeit- bzw. Kapazitätsvorteile nutzen, dann ist praktisch für jedes Werkstück eine zumindest überschlägliche Wirtschaftlichkeitskontrolle des einzusetzenden Maschinentyps notwendig (Bild 5).

Zur Vorbereitung und Entscheidung von Investitionen muß die betriebstypische Dreh- bzw. Frästeilestruktur auf ihre geometrischen, werkstoff- und fertigungstechnischen Eigenschaften

...

hin besonders sorgfältig untersucht und bewertet werden. Dabei sind sowohl Fertigungserfahrungen als auch zuverlässige Prognosen für die Auftragsentwicklung zu berücksichtigen.

Man darf davon ausgehen, daß die Entscheidung der Erstan-schaffung einer NC-Dreh- oder -Fräsmaschine dann eine voll-ständige Teilestruktur-Analyse entbehrlich macht, wenn häufig Werkstücke vorkommen, die aus technischen Gründen nur auf NC-Maschinen herstellbar sind und nicht von Fremdfirmen gefertigt werden können. Bei weiteren Maschinenbeschaffungen wird eine umfassende Analyse und Bewertung des vorliegenden und des zu erwartenden Teilespektrums unerlässlich.

2. Auswahlkriterien für konventionelle und/oder NC-Fertigung

Will man die Zeitersparnis- und Kostendaten der Werkstück- bzw. Teilefertigung quantitativ ermitteln, dann stößt man auf eine recht komplexe mathematische Beziehung, die durch die "Allgemeine Kostengleichung" (Seite 23) ausgedrückt wird. In Bild 6 ist dazu die vielfältige Gliederung der Herstellkosten gezeigt, den funktionalen Zusammenhang stellt das Diagramm Bild 7 dar.

2.1 Berechnung der Herstellkosten

Da in Werkstätten mit Prototypfertigung Auftragswiederholungen (Losanzahl) keine und Losgrößen nur eine geringe Rolle spielen, läßt sich die Gleichung vereinfachen. Sie wurde auf die Form für K_{man} und K_{NC} gebracht (Seite 26) und den Kostenver-gleichs-Berechnungen für die Einzelteilmfertigung der Betriebs-abteilung Technische Dienste - Mechanische Werkstätten (TD-MW) der KFA zugrundegelegt.

Nach Abschluß einer jeweils etwa ein Jahr lang durchgeführten Erfassung der Dreh- und Fräsaufträge für bestimmte Maschinen-größen, die durch Arbeitskennzahlen (AKZ) gekennzeichnet sind, lagen alle für die Bewertung der Einzelteilmfertigung

durch Drehen und Fräsen relevanten Daten vor. Der Wertebereich der variablen Parameter (Seite 26) ist so gewählt, daß das Rechenergebnis auch vorausschaubare Änderungen der Stundensätze und der Auftragsstruktur umfaßt.

Das Ergebnis der Berechnungen wurde tabellarisch zusammengestellt; es ist ausschnittsweise in den Kopien der EDV-Tabellen auf den Seiten 27 und 28 gezeigt. Tabelle 1 enthält die konventionellen Herstellkosten, die bei vorgegebener Losgröße mit den zu schätzenden oder zu erfassenden Einzelteilzeiten T_E und Rüstzeiten T_R für jedes einzelne Werkstück schnell ermittelt werden können. Tabelle 2 enthält als weitere Variable die bei NC-Arbeiten zu berücksichtigende Programmierzeit T_P und die NC-Programmierkosten M_P . Durch Vergleich der so erhaltenen konventionellen und der NC-Herstellkosten eines Werkstückes wird festgestellt, ob das Werkstück nicht nur technisch NC-geeignet, sondern nach Zeit- und Kostenkriterien auch NC-würdig ist.

Die in der Arbeitsplanung verwendeten EDV-Tabellen können dazu beitragen, die NC- oder die konventionelle Fertigung eines Werkstückes in Zweifelsfällen zu entscheiden. Wegen des entsprechend gewählten Wertebereiches ist dies auch für die Fertigung von größeren Werkstücken möglich, die auf den vorhandenen großen NC-Maschinen oder mit den entsprechenden konventionellen Maschinen gefertigt werden könnten.

2.2 Systematische Teilebewertung

In den - inzwischen einige Jahre zurückliegenden - Diskussionen über die Frage, wie man zu zuverlässigen und nachvollziehbaren Zeiten T_E , T_R , T_P kommt, zeichnete sich die Notwendigkeit immer stärker ab, die Zeitschätzungen zu objektivieren. Die "subjektive" Schätzung des Fertigungsfachmanns erschien im Zweifelsfall jeweils weder der Werkstatt noch der Arbeitsplanung oder der NC-Programmierung

plausibel genug. Sicher spielten auch konkurrierende Nutzungsüberlegungen eine Rolle, zumal einzelne Schätzzeiten je nach Herkunft mehr oder minder stark differierten. Natürlich war es auch nicht möglich, die Zeiten durch Wiederholung der Werkstückbearbeitung zu erfassen.

2.3 Teilebewertungsmerkmale

Das Ergebnis der Diskussionen ließ erkennen, daß die dem Schätzen zugrundeliegende Teilebetrachtung und Beurteilung des Fertigungsverlaufs systematischer durchgeführt werden muß. Außerdem müssen betriebsspezifische Gegebenheiten besser berücksichtigt werden und die Maschinenvergleiche transparenter und damit nachvollziehbarer sein. Die Teilebewertung hat sich also nach werkstück- und maschinenorientierten Merkmalen zu richten, die in den Diskussionen über die Schätzzeiten vielfach wiederkehrten und auf Seite 29 zusammengefaßt und ergänzt sind.

2.4 Teilebewertungsmethoden

Es sind zwei einander ähnliche Methoden der systematischen Teilebewertung entwickelt worden

- die "Qualifizierte Sicht-Beurteilungsmethode" (QSB-Methode) an der Fachhochschule Lübeck (Seite 31 - 44), und
- die "Kriterien zur Beurteilung der NC-Eignung Drehen" (WZL-Methode) am Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen (Seite 45 - 47)

Sie enthalten die wesentlichen werkstück- und maschinenorientierten Merkmale für die Bearbeitungsverfahren Drehen (QSB- und WZL-Methode) sowie für Bohren und Fräsen (QSB-Methode).

Die in TD-MW zur Berechnung der Herstellkosten erfaßten Dreh- und Frästeile wurden zusätzlich auch nach diesen beiden

...

Methoden bewertet. Dabei konnte auch eine Korrelation zwischen der Punktebewertung nach der QSB-Methode und den aus den EDV-Tabellen ermittelten Werkstückkosten festgestellt werden - wenn auch nicht so eindeutig wie nach Steidle entsprechend Bild 8, Seite 30. Dies hätte einen größeren Arbeitsaufwand erfordert, der nicht zu rechtfertigen gewesen wäre; denn die Berechnungs- und Bewertungsmethoden sollten ja nicht verfeinert werden. Es wurden lediglich praktikable Lösungen gesucht für die Unterscheidung NC-geeigneter bzw. NC-würdiger und konventionell zu fertigender Werkstücke in der Arbeitsplanung, in der NC-Programmierung und in der Werkstatt.

Beide Methoden sind im Anhang (auf den Seiten 17 - 47) so genau beschrieben, daß sich hier weitere Erläuterungen dazu erübrigen. Ihre Handhabung ist mit den Beispielen auf den Seiten 35 - 37 und 42 - 44 (QSB-Methode) bzw. den Seiten 45 - 47 (WZL-Methode) - die keine Beispiele der TD-MW sind - einfach nachvollziehbar.

3. Erfahrungen in der KFA

3.1 Teilebewertung

Die systematische Teilebewertung mit der QSB- oder mit der WZL-Methode kann in durchschnittlich weniger als fünf Minuten pro Werkstück durchgeführt werden. Die den Entscheidungsregeln zugrundeliegenden Bewertungspunkte führen zu realistischen Ergebnissen. Dies wurde in einzelnen Fällen durch Bestimmung der Zeiten T_E , T_R , T_P und Ermittlung der Herstellkosten anhand der EDV-Tabellen überprüft.

Erstaunlich war zunächst, daß selbst hinsichtlich der Schätzung des Herstellaufwands unterschiedlich erfahrene Mitarbeiter bei Anwendung dieser Methoden fast stets zu gleichwertigen Aussagen über die Eignung des jeweiligen Maschinentyps kamen. Dies war vorher mit der unsystematischen,

...

"subjektiven" Schätzung der Zeiten und Ermittlung der Werkstückkosten nicht der Fall.

Soll die Entscheidungsfindung mit den Teilebewertungsmethoden sehr genau durchgeführt werden, dann empfiehlt es sich, die Gewichtung einzelner Werkstücksmerkmale den inzwischen wesentlich umfangreicheren Möglichkeiten moderner NC- und CNC-Steuerungen und -Maschinen anzupassen. Kleine Unstimmigkeiten in den Beispielen sind bei der Einarbeitung störend, aber unbedeutend.

3.2 Grenzen des NC-Maschinen-Bedarfs

Eine fundierte Teileauswahl für die technisch optimale sowie an Zeit- und Kostenersparnis orientierte konventionelle und NC-Fertigung ist mit den in der Prototypfertigung gewonnenen Erfahrungen besonders gut geeignet, Vorbehalte der NC-Technik gegenüber abzubauen, aber auch Illusionen über vermeintlich unbegrenzte Einsatzmöglichkeiten zu zerstören.

So zeigt schon die Teilebewertung oft unerwartet, daß weit- aus nicht alle bisher auf konventionellen Maschinen hergestellten Werkstücke NC-geeignet oder gar NC-würdig sind. Übersehen wird auch leicht, daß die konventionelle Maschinenkapazität der mechanischen Werkstätten in Forschungszentren den Teilefertigungs-Gesamtbedarf meist mehr als ausreichend deckt. Es war und ist also oft ein Überschuß an konventionellen Maschinen vorhanden, um eine hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten. Die konkurrierende Forderung nach höherer Auslastung, d.h. nach einem höheren Nutzungsgrad tritt dabei mehr in den Hintergrund - bei von jedem Facharbeiter leicht zu bedienenden, preiswerten, praktisch störungsfreien und wenig wartungsbedürftigen Maschinen mit niedrigen Betriebskosten sicherlich ein richtiger Investitionsgesichtspunkt.

Ist nun einerseits in der Gesamtmenge der Werkstücke nur

...

eine Teilmenge für die Fertigung auf NC-Maschinen geeignet, so ergibt sich andererseits aufgrund ihres höheren Automatisierungsgrades, daß konventionelle Maschinen nicht annähernd rein zahlenmäßig durch NC-Maschinen ersetzt werden dürfen. Dies verbietet sich schon wegen der höheren Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten, weshalb höhere Anforderungen an den Nutzungsgrad zu stellen sind. Kann man sich z.B bei Ausfall konventioneller Maschinen meist durch Eigenreparatur noch selbst helfen, so muß bei Störungen an NC-Maschinen praktisch stets der Servicemonteur des Lieferanten - zu höheren Kosten - angefordert werden. Er steht frühestens innerhalb 24 Stunden, meist erst innerhalb 48 Stunden zur Verfügung, wenn dies im Wartungsvertrag ausdrücklich vereinbart wurde.

Ein höherer Nutzungsgrad ist vor allem auch wegen der hohen NC-Programmier- und -Bedienungsanforderungen notwendig, da die technischen Möglichkeiten einer NC-Maschine nur mit Erfahrung und Routine des NC-Maschinenbedieners stets in vollem Umfang verfügbar und abrufbereit gehalten werden können - was auch bei dem Vertreter während Urlaubs-, Krankheits- und anderer Ausfallzeiten gewährleistet sein muß.

Eine weitere Begrenzung der Anzahl benötigter NC-Maschinen ergibt sich aus der Tatsache, daß bei nach Art und Umfang geeigneter Werkstückstruktur und mit anforderungsgerechter NC-Organisation stets eine Reduzierung der Herstellzeit, also ein Gewinn an Maschinenkapazität erreicht wird. Teilestrukturanalysen in der Prototypfertigung haben gezeigt, daß jeweils eine NC-Dreh- und eine NC-Fräsmaschine etwa zwei entsprechende konventionelle Maschinen ersetzen können.

Zusammenfassend ist somit festzustellen, daß sich auch in den mechanischen Werkstätten der Forschungszentren nur eine begrenzte Anzahl von NC-Maschinen sinnvoll einsetzen läßt. Wieviele NC-Maschinen letztlich eingesetzt werden können,

...

läßt sich nur durch systematische Analyse und Bewertung des Fertigungsbedarfs zuverlässig und objektiv ermitteln. Ferner ist der unternehmerisch vorgegebene Kapazitäts- und Kostenrahmen zu berücksichtigen.

.3 NC-Programmierung in der Arbeitsvorbereitung und CNC-Werkstattprogrammierung

In der KFA basieren inzwischen mehrere Investitionsentscheidungen für NC-Dreh- und -Fräsmaschinen auf Erkenntnissen, die sowohl mit der Methode des Herstellkosten-Vergleichs als auch mit der QSB- und der WZL-Methode gewonnen wurden. Spielte die Alternative der CNC-(Werkstatt-)Programmierung bei den länger zurückliegenden Entscheidungen wegen des damaligen Standes der NC-Steuerungstechnik - und angesichts der bei Prototypfertigung fast ausschließlich notwendigen Neuprogrammierung - noch keine Rolle, so muß sie jetzt stets berücksichtigt werden.

Dabei ist zunächst aber festzustellen, daß es hinsichtlich der NC-Eignung von Werkstücken nach dem gegenwärtigen Stand der Steuerungstechnik noch keinen prinzipiellen Unterschied gibt, ob sie auf einer mit separat erstelltem Datenträger programmierten NC-Maschine oder auf einer werkstattprogrammierten CNC-Maschine gefertigt werden. Zwar ermöglichen der schnelle Fortschritt der Rechner- und Speicherentwicklung sowie die Vereinfachung der Programmierverfahren inzwischen weitgehend die Verlagerung von Programmieraufgaben auf die Steuereinheit der Maschine. Dadurch wird auch noch die Menge NC-würdiger und NC-geeigneter Werkstücke zu einfacheren Teilen hin erweitert. Bei komplexen Werkstücken und bestimmten 3-D-Bearbeitungsproblemen ist jedoch meist eine Rechnerunterstützung eines externen NC-Programmiersystems in der Arbeitsvorbereitung oder eines CAD-Systems in der Konstruktion erforderlich, um z.B. ebene oder räumliche Bahnkurven-Punkte zu berechnen. Bei derartigen Programmieraufgaben dürfte selbst der besonders qualifizierte CNC-Maschinenbediener überfordert sein.

...

Vor allen darf auch nicht verkannt werden, daß sich mit der CNC-Programmierung alle technischen und organisatorischen, die Fertigung klärenden und vorbereitenden Aufgaben in die Werkstatt, u.U. bis an die Maschine, verlagern. Es handelt sich um technologische und geometrische Werkstückklärung mit dem Auftraggeber, Prüfung und Überarbeitung der Fertigungszeichnungen, Prüfplanung, Vorrichtungsplanung und -bereitstellung, Sonderwerkzeugauswahl und -beschaffung, Materialbereitstellung; Arbeiten also, die bei der Prototypfertigung häufig anfallen und zeitaufwendig sind. Die während der Werkstattprogrammierung entstehenden Maschinen-Stillstandzeiten verlängern sich erheblich, wenn die entsprechenden Voraussetzungen der CNC-Organisation nicht anforderungsgerecht erfüllt werden.

Angesichts der besonderen Teilestruktur in Forschungszentren sind daher gerade die Einsatzgrenzen der Werkstattprogrammierung sehr sorgfältig zu prüfen. Vor allem bei der Grundausstattung, d.h. bei der Erstanschaffung von NC-Maschinen ist zu klären, ob mit der Werkstattprogrammierung alle anfallenden Fertigungsaufgaben technisch und organisatorisch sinnvoll gelöst werden können. Die systematische Werkstückanalyse und -bewertung wird für derartige Fälle Aussagen liefern und auch zeigen, ob eine Fräsmaschine mit 3-Achsen-Bahnsteuerung ausreicht oder ob zumindest eine vierte Rundtischachse, wenn nicht sogar eine fünfte Kippachse, notwendig ist. Bei NC-Drehmaschinen wird immer eine 2-Achsen-Bahnsteuerung erforderlich sein. Ob ein Werkzeugmagazin (Revolver) benötigt wird, zeigt ebenfalls das Ergebnis der Teilestruktur-Analyse.

3.4 Einsatz von NC-Maschinen

Erweist sich - wie in der KFA - eine solche Grundausstattung als notwendig, dann ist damit bereits ein sehr großer Teil des NC-Fertigungsbedarfs gedeckt, für den übrigen Bedarf wird - wenn überhaupt - nur noch eine geringe Anzahl zusätzlicher NC- bzw. CNC-Maschinen benötigt.

In Forschungszentren mit nur einer mechanischen Werkstatt kann es kein Problem sein, den Bedarf durch systematische Teilebewertung nach den beschriebenen Methoden zu ermitteln und Investitionen auf der Basis dieses Ergebnisses zu entscheiden.

Liegt eine Werkstattstruktur mit einer zentralen großen und mehreren - oder vielen - kleinen bis mittleren mechanischen Werkstätten vor, läßt sich der NC-Maschinen-Bedarf natürlich in gleicher Weise bestimmen. Dabei wurde aber mehrfach festgestellt, daß kleinere Werkstätten nicht und mittlere nur selten über ein Fertigungsvolumen mit einer hinreichend großen Anzahl NC-würdiger Werkstücke verfügen. Selbst der Anteil NC-geeigneter Werkstücke liegt unter 20 % der bislang benötigten konventionellen Fertigungskapazität - das sind bei mittleren Werkstätten bestenfalls nur einige hundert NC-Fertigungsstunden pro Jahr, meist erheblich weniger. Nur auf NC-Maschinen herstellbare Werkstücke sind noch sehr viel seltener als NC-würdige, ihr Anteil liegt in den mechanischen Werkstätten der KFA unter 2 % des gesamten konventionellen Fertigungsbedarfs.

Die Frage ist, ob es noch andere Kriterien gibt, NC-Kapazität zu dezentralisieren. Ein Argument könnte sein, daß alle Werkstätten am technischen Fortschritt teilhaben sollten. Dies ist sicher richtig, die Verfügbarkeit einer NC-Maschine allein kann die Teilhabe aber nicht sichern. Sie ist nur durch ständige Nutzung mit technischen Mindestanforderungen zu gewährleisten, also abhängig von der jeweiligen Teilestruktur.

Weitere Argumente könnten sein, daß NC-Kapazität vor Ort erforderlich sei, wenn z.B. die Bearbeitung radioaktiver Werkstücke in einer Kontrollbereichswerkstatt notwendig ist oder wenn während der Abschaltphasen großer Experimentier- und Betriebseinrichtungen häufig über die Dienstzeit hinaus und an Wochenenden gearbeitet werden muß.

Im ersten Fall müßte es sich um Werkstücke handeln, die nicht dekontaminierbar sind und nur auf NC-Maschinen hergestellt bzw. bearbeitet werden können. Selbst dann erhebt sich die Frage, ob deren Neuanfertigung nicht günstiger ist als die langfristige Bereithaltung von NC-Maschinen-Kapazität im Kontrollbereich, die für andere Aufgaben ja nicht genutzt werden kann. Im zweiten Fall wären organisatorische Maßnahmen, d.h. die Bereitstellung vorhandener NC-Kapazität mit eingearbeiteten Fachleuten außerhalb der normalen Arbeitszeit sicher sinnvoller.

Die Tendenz, trotzdem erhebliche NC-Überkapazitäten zu schaffen, kann bei einer derartigen Werkstattstruktur nur im Rahmen unternehmerischer Vorgaben und durch Akzeptanz gemeinsamer Verantwortung für das Ganze verringert werden.

4. Zusammenfassung

Auch zur Vorbereitung und Überprüfung des bedarfsgerechten Einsatzes von konventionellen und NC-Maschinen in Forschungswerkstätten, in denen die Einmal- bzw. Prototypfertigung weit aus überwiegt, gibt es verschiedene zuverlässige Methoden. Sie ermöglichen die Ermittlung sowohl der konventionellen als auch der technisch NC-geeigneten und der technisch und wirtschaftlich NC-würdigen Werkstück-Teilmengen am gesamten Fertigungsbedarf.

Die Methoden der qualifizierten Werkstück-Sichtbeurteilung und des Vergleichs rechnerisch ermittelter Herstellkosten liefern belastbare Bewertungskriterien. Ausgehend von den fertigungsrelevanten geometrischen und technologischen Eigenschaften lassen sich die herzustellenden Werkstücke den einzelnen Maschinentypen objektiv zuordnen. Sie liefern damit alle qualitativen und quantitativen Kriterien für die tägliche Entscheidung, welcher Maschinentyp jeweils für die Werkstückfertigung vorzuziehen ist. Werden die Ergebnisse über einen Zeitraum von etwa einem Jahr erfaßt, dann können sie als verlässliche Grundlage für langfristige Investitionsentscheidungen dienen.

...

NC-Maschinen sollten dort, wo die Voraussetzungen aufgrund geeigneter Teilestruktur erfüllt sind, auf jeden Fall konventionelle Maschinen ersetzen. Eine geeignete Teilestruktur liegt nur dann vor, wenn die Anzahl NC-würdiger, mindestens aber NC-geeigneter Werkstücke groß genug ist, die hoch automatisierten NC-Maschinen technisch, kapazitätsmäßig und organisatorisch sinnvoll zu nutzen. Insgesamt ergibt sich daraus, daß die Zahl sinnvoll einsetzbarer NC-Maschinen im Vergleich zu konventionellen Maschinen sehr begrenzt ist.

Der Einsatz von werkstattprogrammierten CNC-Maschinen muß sehr sorgfältig vorbereitet und geprüft werden, weil sich damit auch alle technisch klärenden und organisatorischen Aufgaben aus dem Vorfeld der Fertigung (Arbeitsvorbereitung) in die Werkstatt und u.U. bis an die Maschine verlagern. Bei komplexen Werkstücken ist die rechnergestützte NC-Programmierung am Bildschirmterminal - mit anforderungsgerechter Peripherie - in der Arbeitsvorbereitung oder die Unterstützung durch ein CAD-System erforderlich. Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, lassen sich Zeit-, Kapazitäts- und Kostenvorteile nur mit konventionellen Werkzeugmaschinen erreichen.

Die Kostenvergleichs-Berechnungen wurden von Herrn Dr.-Ing. N. Hoffmann erstellt, die Herren Dipl.-Ing. W. Tillmanns, W. Salber, H. Peerenboom, J. Bergs und P. Gentgen führten die Dreh- und Frästeile-Analyse sowie deren Auswertung durch. Ihnen sind wertvolle Anregungen und Hinweise zu verdanken.

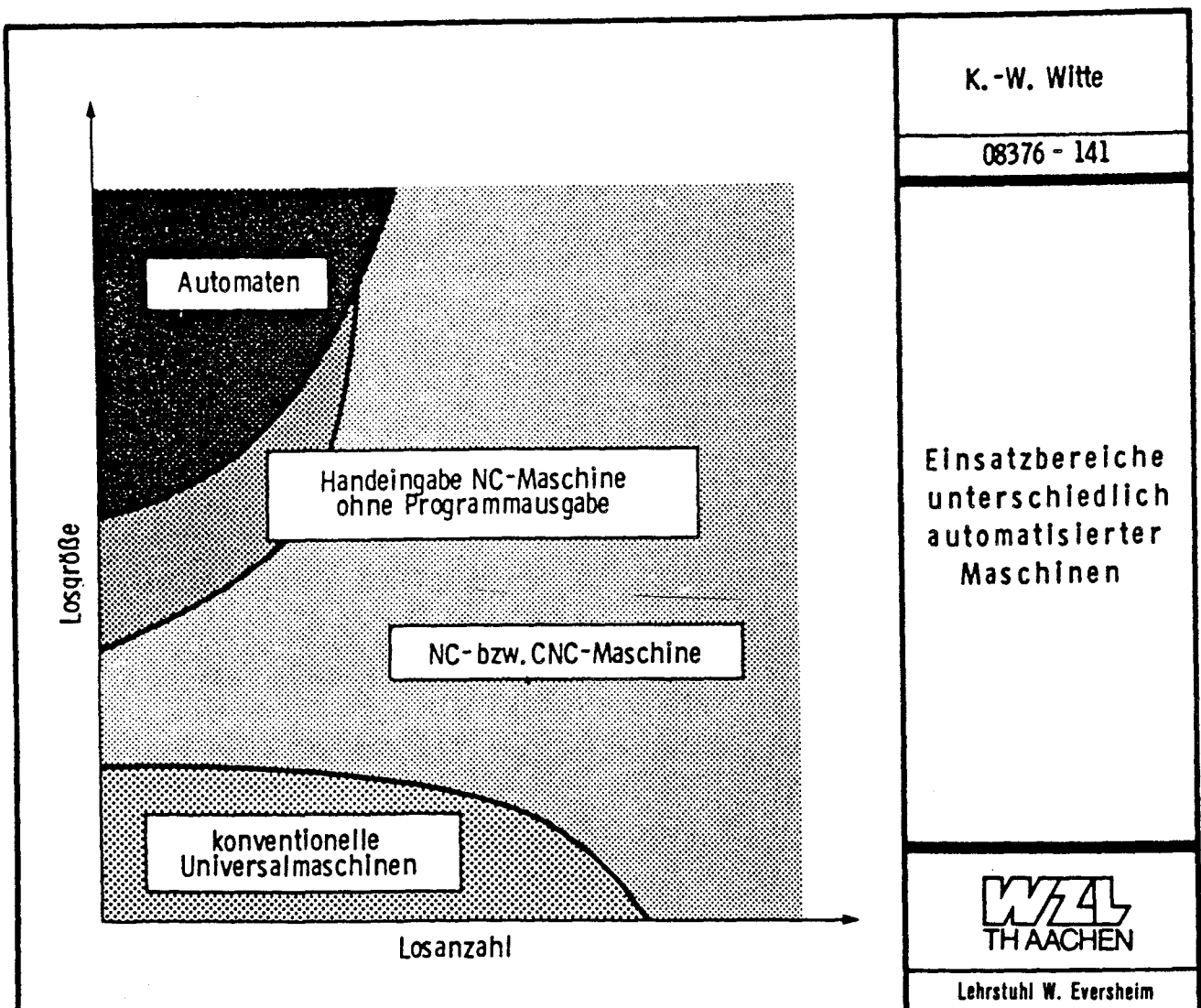
5. Literaturverzeichnis

- G. Sprung: Kapazitäts- und Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zum Ersatz von konventionellen Drehmaschinen durch eine NC-Drehmaschine IWF-47 (1981) Abschlußarbeit FH-Lübeck
- St. Pietsch: Genauigkeit der QSB-NC-Werkstückbeurteilung IWF-49 (1982) Abschlußarbeit FH-Lübeck
- L. Steidle: Wirtschaftliche NC-Fertigung durch Teileauswahl, REFA-Sonder-Seminar 05/1980-166901, REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V., Darmstadt
- K. Witte: Auswahl von NC-geeigneten Werkstücken
VDI-BW-Seminar 02/1980-BW 4329, BW-Handbuch 33-25-01
Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf
- W. Junghans: Planung und wirtschaftlicher Einsatz
numerisch gesteuerter Fertigungskonzepte
VDI-Taschenbuch:
- T 54: Grundlagen, VDI-Verlag (1976)
- T 55: Investitionsplanung und Wirtschaftlichkeitsrechnung, VDI-Verlag (1977)
- Weck, M.: Werkzeugmaschinen, Band 3, Automatisierungs- und Steuerungstechnik, VDI-Verlag (1982), Düsseldorf
- Shah, R.: NC-Guide/NC-Handbuch, NCA-Verlag, Zürich (1980)
- Spur, G.: Wandel der Arbeitsplanung bei EDV-Einsatz, Aachener Werkzeugmaschinen Kolloquium (AWK) 1984
- Vollmer, H., NC-Organisation für Produktionsbetriebe,
Witte, H.: REFA-Fachbuch, REFA-Verband, Darmstadt (1985)

6. Anhang

- . Einsatzbereiche unterschiedlich automatisierter Maschinen
- . NC-Kostenvergleich für die Technologie Drehen
- . Aufgaben der Arbeitsplanung
- . Teilebewertung und -auswahl für NC-Fertigung
- . Allgemeine Kostengleichung
- . Gliederung der Herstellkosten
- . Einfluß von Losgröße und -anzahl
- . Kostenvergleichs-Berechnung für KFA/TD-MW-Fertigungsaufträge
- . Systematische Teilebetrachtung
- . Vergleich NC-Fertigung zu konventioneller Fertigung
- . QSB-Methode zur Werkstückbewertung "Drehbearbeitung"
- . QSB-Methode zur Werkstückbewertung "Fräs- und Bohrbearbeitung"
- . WZL-Methode "Kriterien zur Beurteilung der NC-Eignung Drehen"

Dem Bildungswerk (BW) des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) in Düsseldorf und dem REFA, Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation, in Darmstadt ist zu danken, daß die Abbildungen und Methodenbeschreibungen aus den Lehrunterlagen hier übernommen werden konnten.



nach VDI-BW 4329

Bild 1

REFA
L. Steidle

NC-Kostenvergleich für die Technologie Drehen

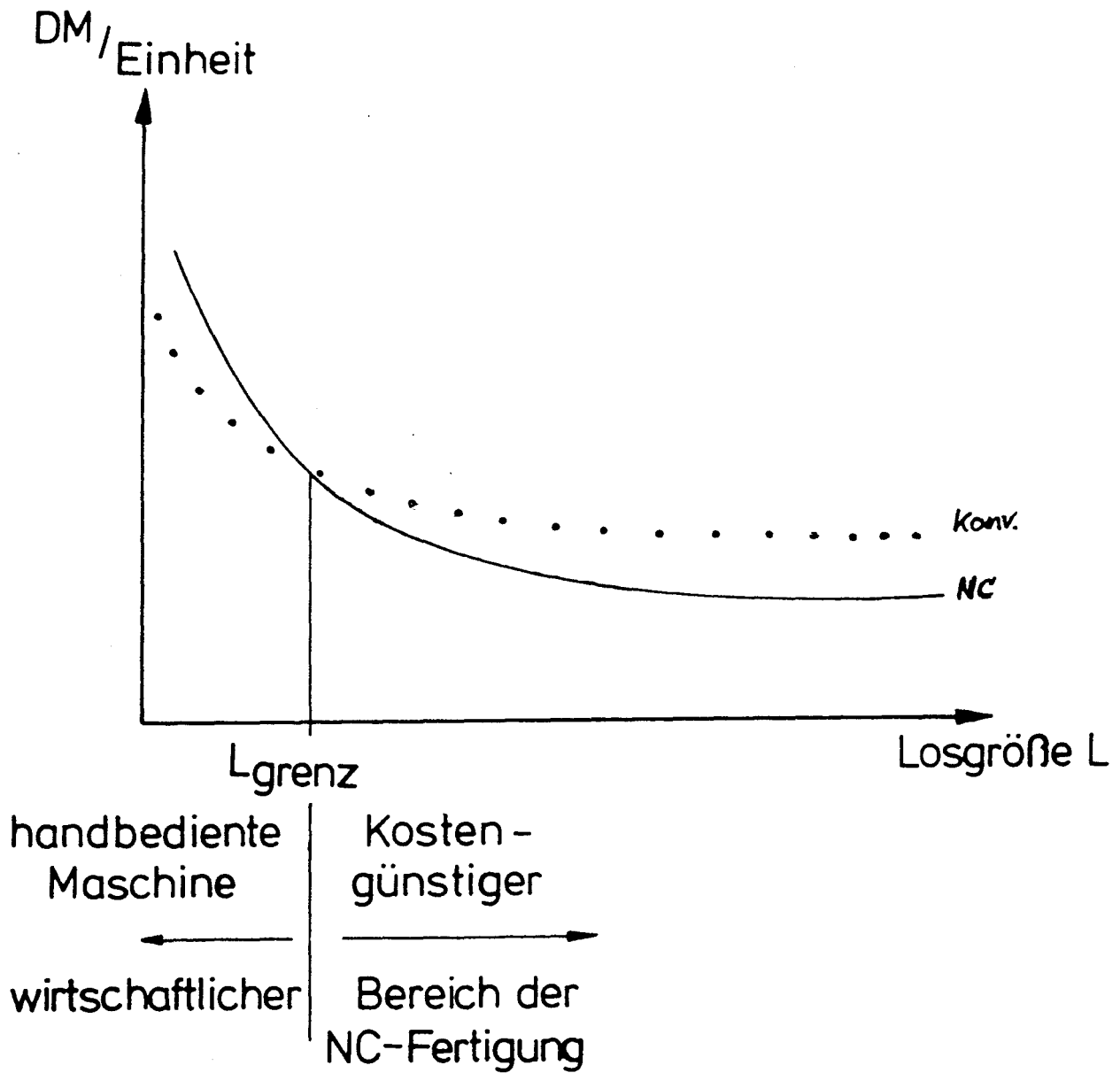


Bild 2

REFA
L. Steidle

NC-Kostenvergleich für die Technologie Drehen

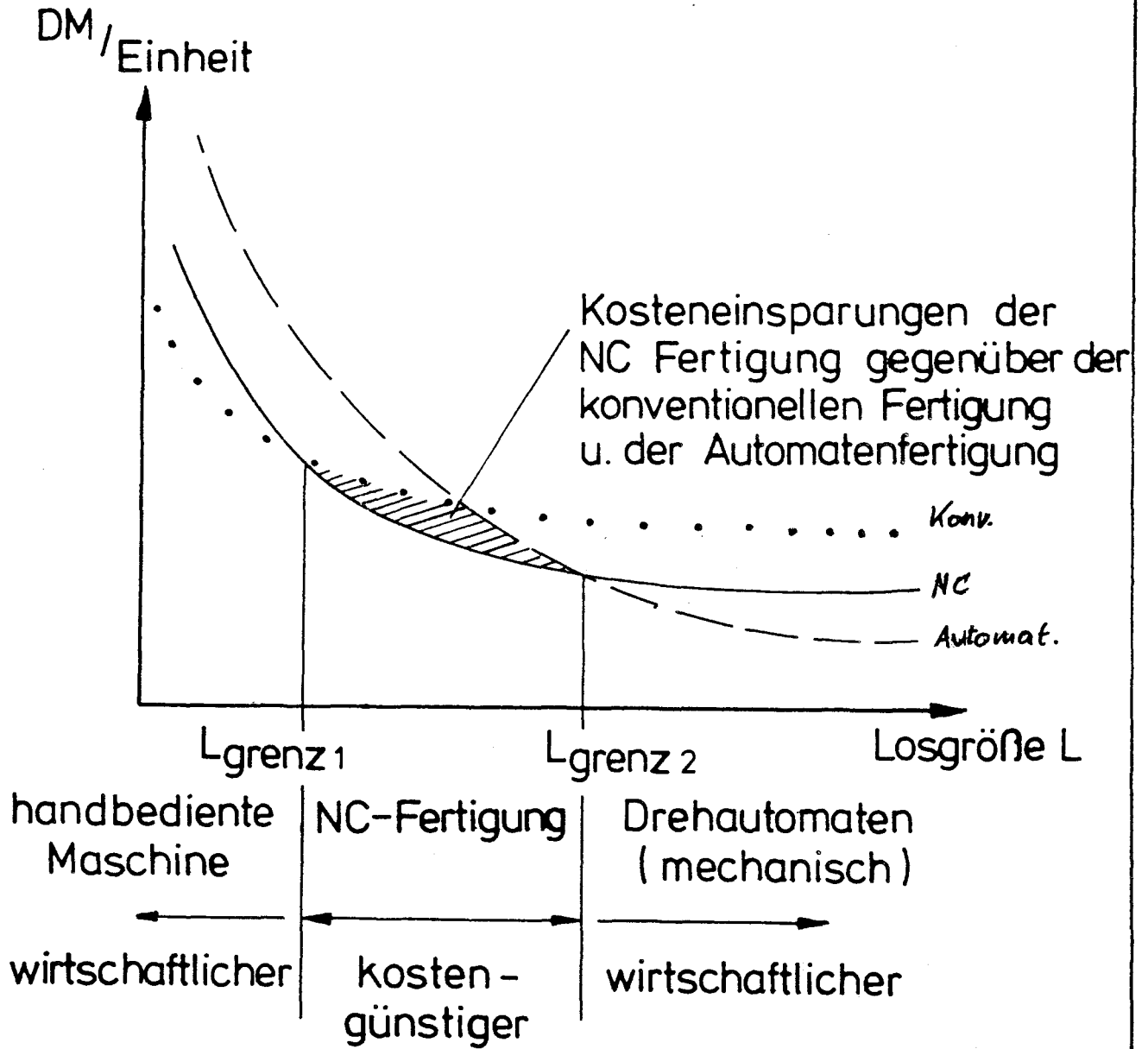


Bild 3

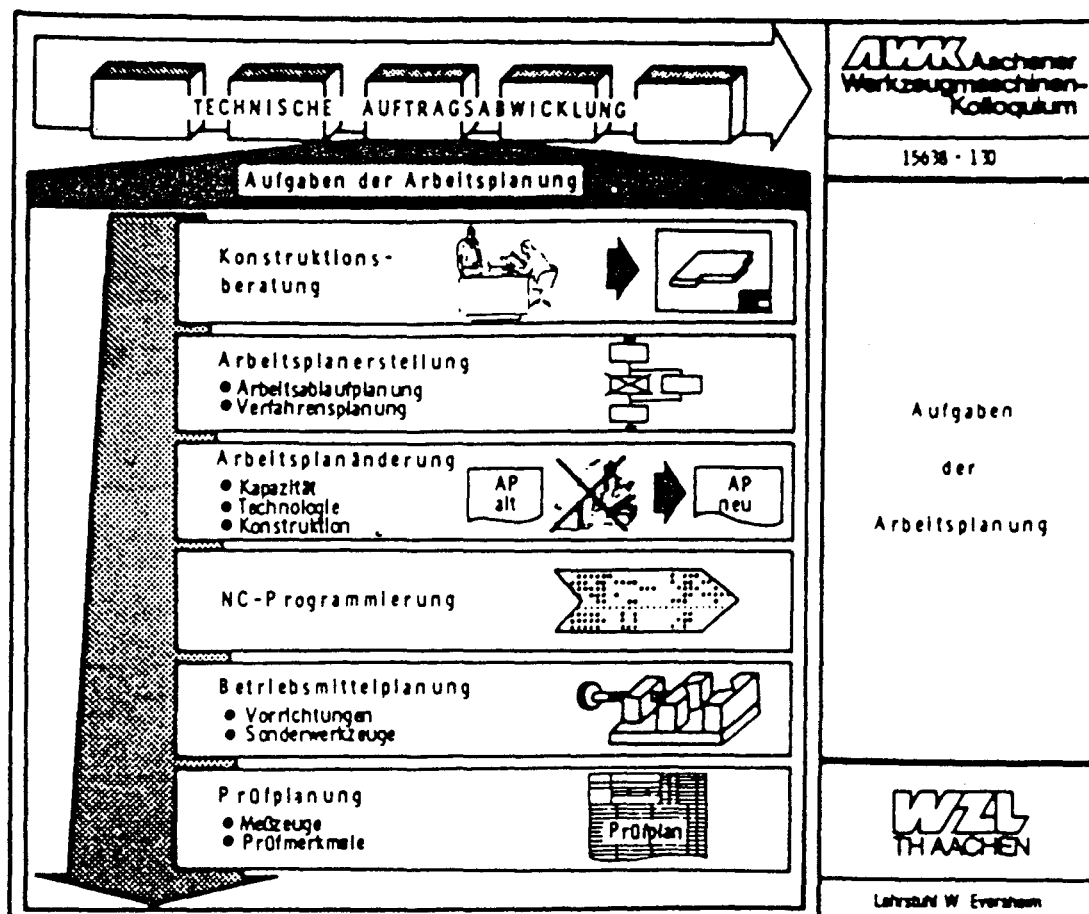


Bild 4

Teile-Bewertung und -Auswahl für die NC-Fertigung

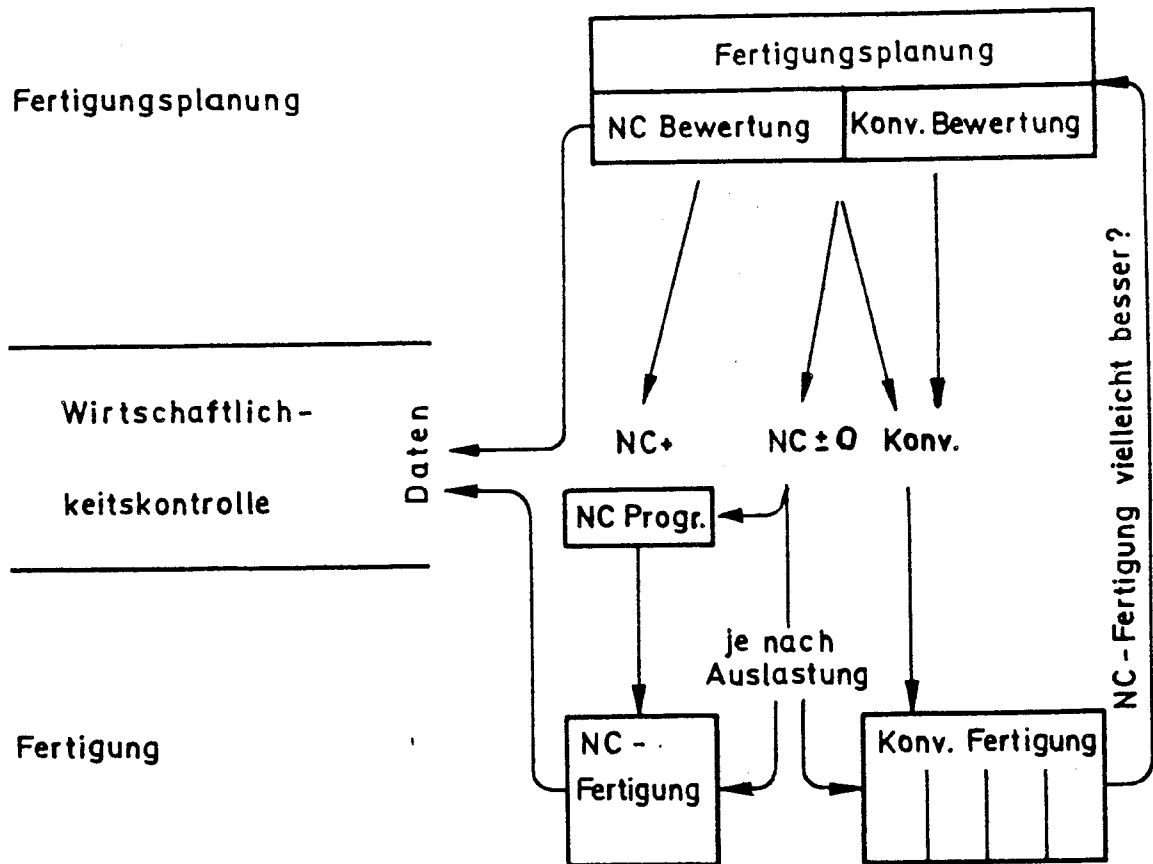


Bild 5

ALLGEMEINE KOSTENGLEICHUNG

$$K = F (M; T)$$

M - MASCHINEN/PERSONAL-
STUNDENSATZ

T - ZEITL. AUFWAND FÜR
HERSTELLUNGSBEZOGENE
TÄTIGKEITEN

$$K_H = \frac{K_{VO}}{LG \cdot LA} + \frac{K_{AW}}{LG} + K_E \quad (\text{DM/EINHEIT})$$

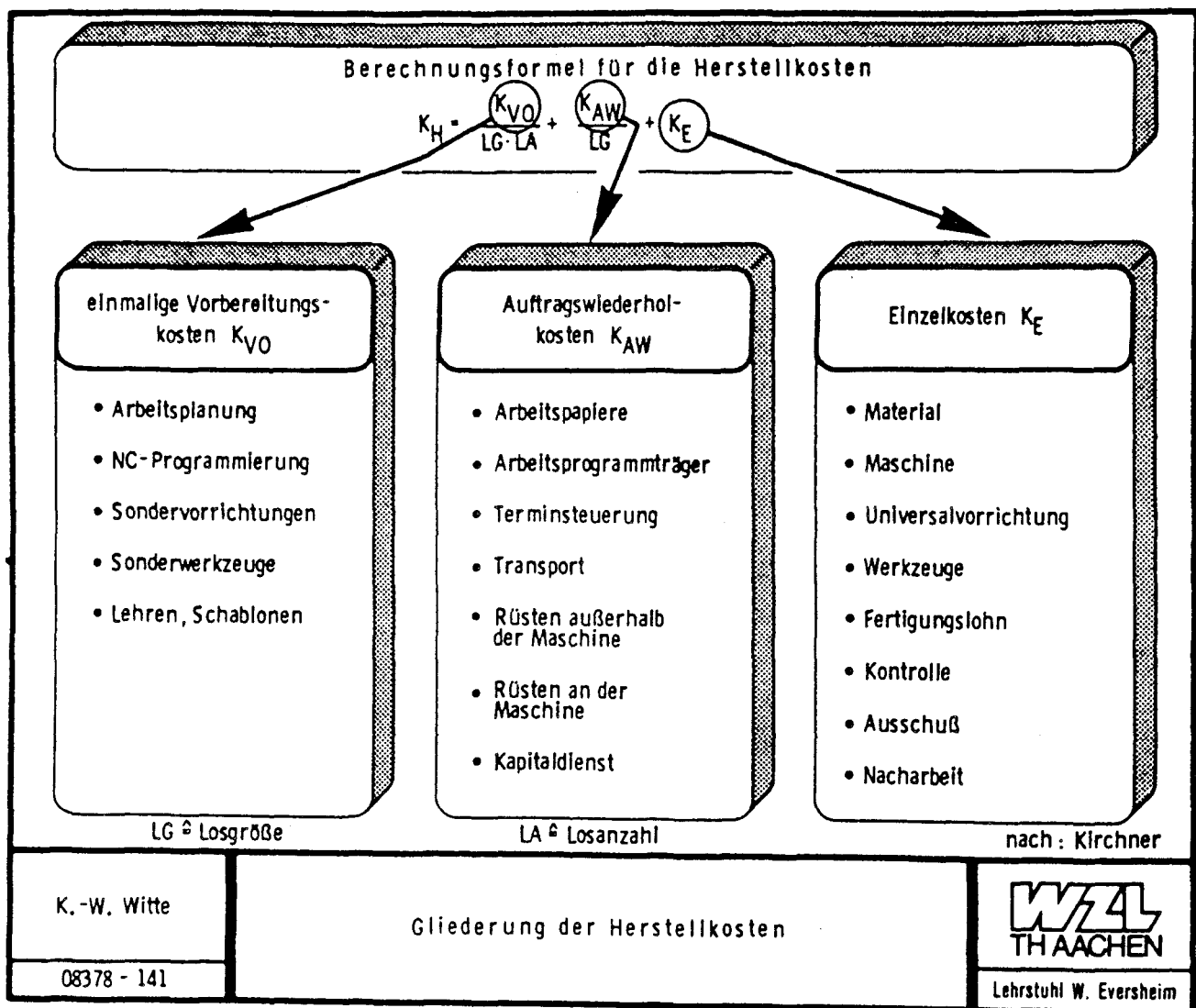
K_E - HERSTELL-EINZELKOSTEN

K_{VO} - EINMALIGE VORBEREITUNGSKOSTEN, Z.B.
VORRICHTUNGSKONSTRUKTION,
PROGRAMMIERUNG

K_{AW} - AUFTRAGS-WIEDERHOLKOSTEN,
Z.B. RÜSTZEITEN

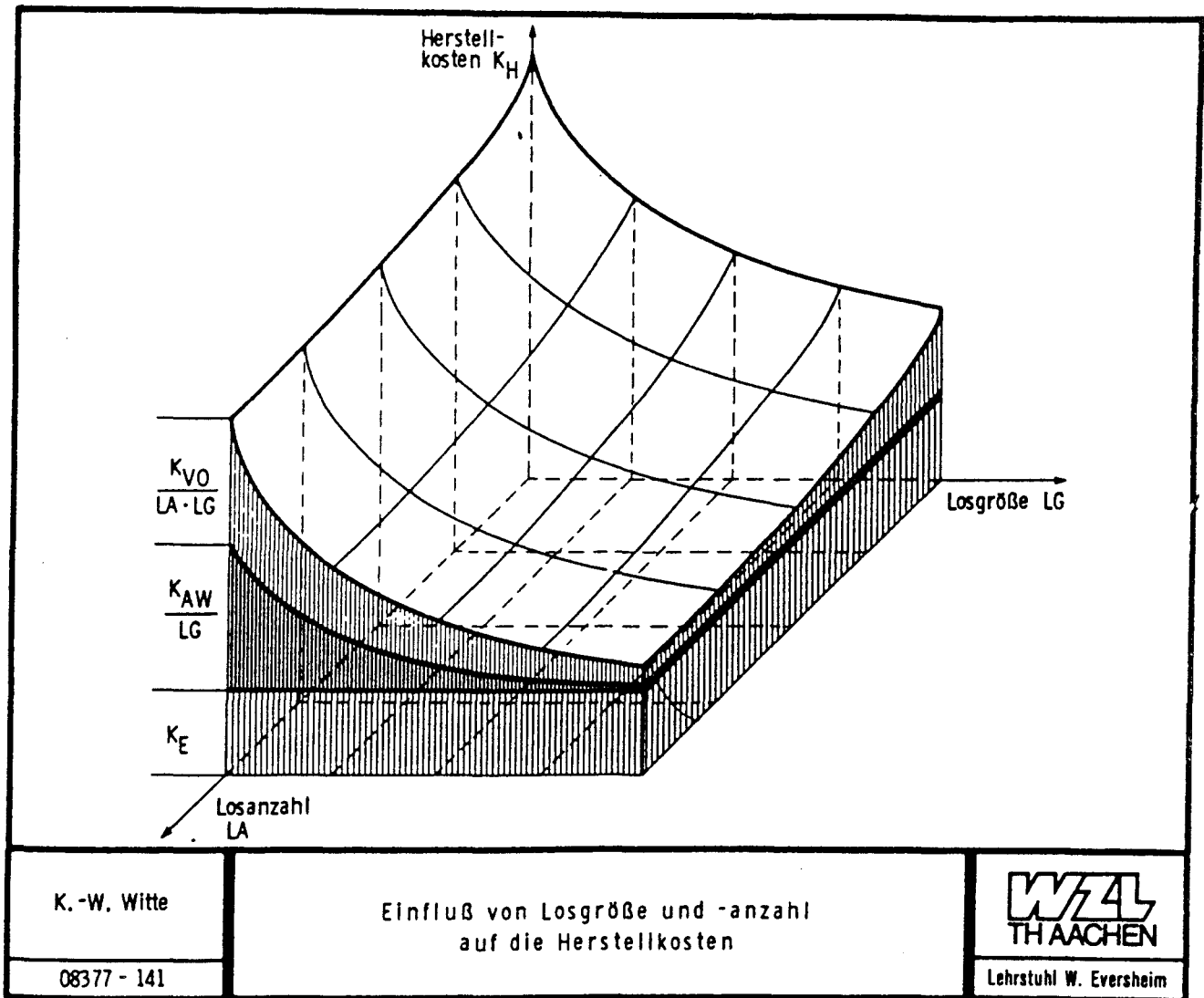
LA - ANZAHL DER AUFTRÄGE WÄHREND
DER MASCHINEN-ABSCHREIBZEIT

LG - LOSGRÖSSE



nach VDI-BW 4329

Bild 6



nach VDI-BW 4329

Bild 7

KOSTENVERGLEICHS-BERECHNUNG FÜR TD-MW-FERTIGUNGS-AUFTRÄGE
(DREH- UND FRÄSARBEITEN, NC- UND KONVENTIONELLE FERTIGUNG)

KONVENTIONELLE FERTIGUNG

$$K_{MAN} = M_{MAN} \cdot (T_R + L \cdot T_E)$$

NC-FERTIGUNG

$$K_{NC} = M_{NC} \cdot (T_R + L \cdot T_E) + M_P \cdot \frac{T_P}{N}$$

<u>PARAMETER</u>			<u>WERTEBEREICH/SCHRITTWEITE</u>
M_{MAN}	STUNDENS. (KONV. F.)	DM/H	96,--; 105,--; 134,--
T_R	RÜSTZEIT	H	0...(1)...5
T_E	EINZEL(TEIL)ZEIT	H	1..(1)..10;13..(3)..31;38..(7)..80
L	LOSGRÖSSE	STÜCK	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20
M_{NC}	STUNDENS. (NC-F.)	DM/H	120,--; 150,--
T_R	RÜSTZEIT	H	1..(1)..8
T_E	EINZELZEIT	H	0,25..(0,25)..2;3..(1)..20;24..(4)..40
L	LOSGRÖSSE	STÜCK	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10,15 20
M_P	STUNDENS. PROGR.	DM/H	50,--; 65,--
T_P	PROGRAMMIERZEIT	H	1..(1)..5; 8..(3)..20
N	WIEDERHOLHÄUFIGKEIT	-	1

Tabelle 1

MAN - FERTIGUNGSKOSTEN JE EINZELTEILGRUPPE UND AKZ (K...)

AKZ 110/210/313 M = 96,00 DM/H
MAN

TE	TR	L IN STK.									
IN H	IN H	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20
1.00	0.00	96	192	288	384	480	576	768	960	1440	1920
1.00	1.00	192	288	384	480	576	672	864	1056	1536	2016
1.00	2.00	288	384	480	576	672	768	960	1152	1632	2112
1.00	3.00	384	480	576	672	768	864	1056	1248	1728	2208
1.00	4.00	480	576	672	768	864	960	1152	1344	1824	2304
1.00	5.00	576	672	768	864	960	1056	1248	1440	1920	2400
2.00	0.00	192	384	576	768	960	1152	1536	1920	2880	3840
2.00	1.00	288	480	672	864	1056	1248	1632	2016	2976	3936
2.00	2.00	384	576	768	960	1152	1344	1728	2112	3008	3968
2.00	3.00	480	672	864	1056	1248	1440	1824	2208	3040	3992
2.00	4.00	576	768	960	1152	1344	1536	1920	2208	3072	4016
2.00	5.00	672	864	1056	1248	1440	1632	2016	2208	3104	4040
3.00	0.00	288	576	864	1152	1440	1728	2112	2500	3360	4320
3.00	1.00	384	672	960	1248	1536	1824	2208	2592	3456	4416
3.00	2.00	480	768	1056	1344	1632	1920	2304	2592	3488	4448
3.00	3.00	576	864	1152	1440	1728	2016	2400	2592	3520	4480
3.00	4.00	672	960	1248	1536	1824	2112	2496	2592	3552	4512
3.00	5.00	768	1056	1344	1632	1920	2208	2592	2592	3584	4544
4.00	0.00	384	768	1152	1536	1920	2292	2688	2992	3888	4992
4.00	1.00	480	864	1248	1632	2016	2388	2784	3088	3984	5088
4.00	2.00	576	960	1344	1728	2112	2484	2880	3184	4080	5184
4.00	3.00	672	1056	1440	1824	2208	2580	2976	3280	4176	5280
4.00	4.00	768	1152	1536	1920	2304	2676	3072	3376	4272	5376
4.00	5.00	864	1248	1632	2016	2400	2772	3168	3472	4368	5472
5.00	0.00	480	960	1440	1920	2400	2880	3360	3840	4800	5760
5.00	1.00	576	1056	1536	2016	2496	2976	3456	3936	4896	5856
5.00	2.00	672	1152	1632	2112	2592	3072	3552	4032	4992	5952
5.00	3.00	768	1248	1728	2208	2688	3168	3648	4128	5088	6048
5.00	4.00	864	1344	1824	2304	2784	3264	3744	4224	5184	6144
5.00	5.00	960	1440	1920	2400	2880	3360	3840	4320	5280	6240
6.00	0.00	576	1152	1728	2304	2880	3360	3840	4320	5280	6240
6.00	1.00	672	1248	1824	2400	2976	3456	3936	4416	5376	6336
6.00	2.00	768	1344	1920	2496	3072	3552	4032	4512	5472	6432
6.00	3.00	864	1440	2016	2592	3168	3648	4128	4608	5568	6528
6.00	4.00	960	1536	2112	2688	3264	3744	4224	4704	5664	6624
6.00	5.00	1056	1632	2208	2784	3360	3840	4320	4800	5760	6720
7.00	0.00	672	1344	2016	2688	3264	3744	4224	4704	5664	6624
7.00	1.00	768	1440	2112	2784	3360	3840	4320	4800	5760	6720
7.00	2.00	864	1536	2208	2880	3456	3936	4416	4900	5856	6816
7.00	3.00	960	1632	2304	2976	3552	4032	4512	5000	5952	6912
7.00	4.00	1056	1728	2400	3072	3648	4128	4608	5100	6048	7008
7.00	5.00	1152	1824	2496	3168	3744	4224	4704	5200	6144	7104
8.00	0.00	768	1536	2304	3072	3744	4224	4704	5184	6144	7104
8.00	1.00	864	1632	2400	3168	3840	4320	4800	5280	6240	7200
8.00	2.00	960	1728	2496	3264	3936	4416	4900	5376	6336	7296
8.00	3.00	1056	1824	2592	3360	4032	4512	5000	5472	6432	7392
8.00	4.00	1152	1920	2688	3456	4128	4608	5100	5568	6528	7488
8.00	5.00	1248	2016	2784	3552	4224	4704	5200	5664	6624	7584
9.00	0.00	864	1728	2496	3168	3840	4320	4800	5280	6240	7200
9.00	1.00	960	1824	2592	3264	3936	4416	4900	5376	6336	7296
9.00	2.00	1056	1920	2688	3360	4032	4512	5000	5472	6432	7392
9.00	3.00	1152	2016	2784	3456	4128	4608	5100	5568	6528	7488
9.00	4.00	1248	2112	2880	3552	4224	4704	5200	5664	6624	7584
9.00	5.00	1344	2208	2976	3648	4320	4800	5300	5760	6720	7680
10.00	0.00	960	1920	2784	3552	4224	4800	5300	5760	6720	7680
10.00	1.00	1056	2016	2880	3648	4320	4900	5400	5856	6816	7776
10.00	2.00	1152	2112	2976	3744	4416	5000	5500	5952	6912	7872
10.00	3.00	1248	2208	3072	3840	4512	5100	5600	6048	7008	7968
10.00	4.00	1344	2304	3168	3936	4608	5200	5700	6144	7104	8064
10.00	5.00	1440	2400	3264	4032	4704	5300	5800	6240	7200	8160

Tabelle 2

NC - FERTIGUNGSKOSTEN JE EINZELTEILGRUPPE UND AKZ (K)
NCAKZ 140/240 M = 120.00 DM/H M = 50 DM/H
145/245 NC P
TP = 1.00 H N = 1

TE	TR	L IN STK.									
IN H	IN H	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20
0.25	1.00	290	230	260	290	320	350	410	470	620	770
0.25	2.00	420	350	380	410	440	470	530	590	740	890
0.25	3.00	440	470	500	530	560	590	650	710	860	1010
0.25	4.00	560	590	620	650	680	710	770	830	980	1130
0.25	5.00	680	710	740	770	800	830	890	950	1100	1250
0.25	6.00	800	830	860	890	920	950	1010	1070	1220	1370
0.25	7.00	920	950	980	1010	1040	1070	1130	1190	1340	1490
0.25	8.00	1040	1070	1100	1130	1160	1190	1250	1310	1460	1610
0.50	1.00	230	290	350	410	470	530	650	770	1070	1370
0.50	2.00	350	410	470	530	590	650	770	890	1190	1490
1.25	3.00	1160	1310	1460	1610	1760	1910	2210	2510	3260	4010
1.50	1.00	350	530	710	890	1070	1250	1610	1970	2870	3770
1.50	2.00	470	650	830	1010	1190	1370	1730	2090	2990	3890
1.50	3.00	550	770	950	1130	1310	1490	1850	2210	3110	4010
1.50	4.00	710	890	1070	1250	1430	1610	1970	2330	3230	4130
1.50	5.00	830	1010	1190	1370	1550	1730	2090	2450	3350	4250
1.50	6.00	950	1130	1310	1490	1670	1850	2210	2570	3470	4370
1.50	7.00	1070	1250	1430	1610	1790	1970	2330	2690	3590	4490
1.50	8.00	1190	1370	1550	1730	1910	2090	2450	2810	3710	4610

AKZ 140/240 M = 120.00 DM/H M = 50.00 DM/H
145/245 NC P
TP = 20.00 H N = 1

TE	TR	L IN STK.									
IN H	IN H	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20
20.00	1.00	3520	5920	8320	10720	13120	15520	20320	25120	37120	49120
20.00	2.00	3640	6040	8440	10840	13240	15640	20440	25240	37240	49240
20.00	3.00	3760	6160	8560	10960	13360	15760	20560	25360	37360	49360
20.00	4.00	3880	6280	8680	11080	13480	15880	20680	25480	37480	49480
20.00	5.00	4000	6400	8800	11200	13600	16000	20800	25600	37600	49600
20.00	6.00	4120	6520	8920	11320	13720	16120	20920	25720	37720	49720
20.00	7.00	4240	6640	9040	11440	13840	16240	21040	25840	37840	49840
20.00	8.00	4360	6760	9160	11560	13960	16360	21160	25960	37960	49960
24.00	1.00	4020	5930	9760	12640	15520	18400	24160	29920	44320	58720
24.00	2.00	4120	7000	9880	12760	15640	18520	24280	30040	44440	58840
36.00	3.00	5680	10000	14320	18540	22960	27280	35920	44560	66160	97760
36.00	4.00	5800	10120	14440	18660	23080	27400	36040	44680	66280	97880
36.00	5.00	5920	10240	14560	18780	23200	27520	36160	44800	66400	98000
36.00	6.00	6040	10360	14680	18900	23320	27640	36280	44920	66520	98120
36.00	7.00	6160	10480	14800	19020	23440	27760	36400	45040	66640	98240
36.00	8.00	6280	10600	14920	19140	23560	27880	36520	45160	66760	98360
40.00	1.00	5920	10720	15520	20320	25120	29920	39520	49120	73120	97120
40.00	2.00	6040	10840	15640	20440	25240	30040	39640	49240	73240	97240
40.00	3.00	6160	10960	15760	20560	25360	30160	39760	49360	73360	97360
40.00	4.00	6280	11080	15880	20680	25480	30280	39880	49480	73480	97480
40.00	5.00	6400	11200	16000	20800	25600	30400	40000	49600	73600	97600
40.00	6.00	6520	11320	16120	20920	25720	30520	40120	49720	73720	97720
40.00	7.00	6640	11440	16240	21040	25840	30640	40240	49840	73840	97840
40.00	8.00	6760	11560	16360	21160	25960	30760	40360	49960	73960	97960

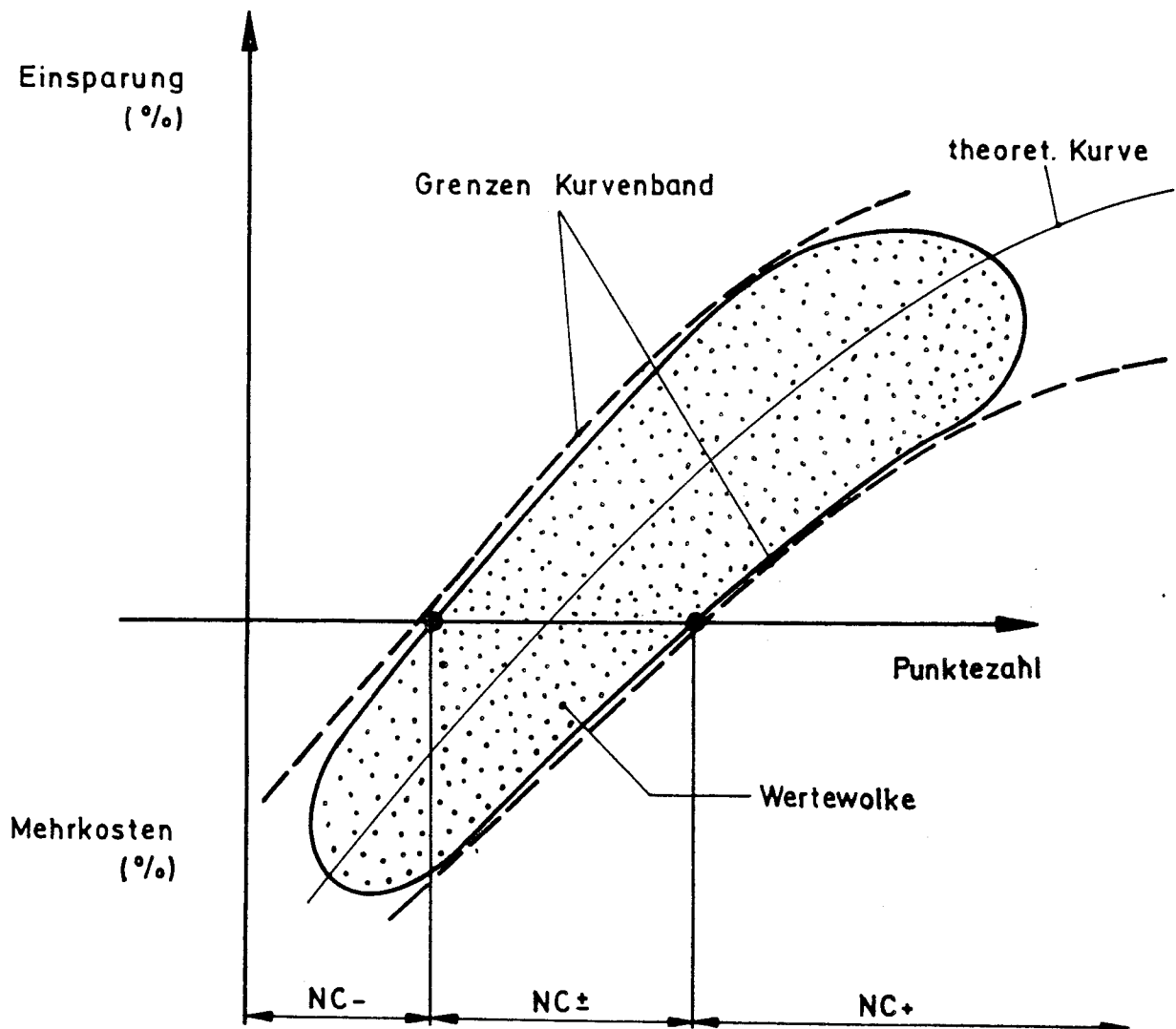
SYSTEMATISCHE TEILEBETRACHTUNG

WERKSTÜCK- UND MASCHINENORIENTIERTE MERKMALE

(DREHEN, BOHREN, FRÄSEN)

- STÜCKZAHL, LOSZAHL UND -GRÖSSE
- SCHWIERIGKEITSGRAD, KOMPLEXITÄT (GEOMETRIE, WERKSTOFF)
- GENAUIGKEIT DER FORM-, LAGE- UND OBERFLÄCHENTOLERANZEN
- ANZAHL DER BEARBEITUNGSEBENEN
- ANZAHL DER MESSVORGÄNGE
- ZEITVERHÄLTNISSE ZWISCHEN HAUPT- UND NEBENZEITEN
- BEARBEITUNGSUMFANG (ZERSpanungsvolumen)
- ART DER BEARBEITUNGSGÄNGE UND DEREN ABFOLGE
- NOTWENDIGKEIT VON SONDERWERKZEUGEN
- NOTWENDIGKEIT VON SONDEREINRICHTUNGEN AN DER MASCHINE
- ANZAHL DER POSITIONIERVORGÄNGE
- ART UND ANZAHL DER WERKZEUGE
- ART UND ANZAHL DER SPANNUNGEN
- STEIFIGKEIT DES WERKSTÜCKES
- FUTTER- ODER WELLENTAIL
- WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN
- HÄUFIGKEIT PRO MERKMAL UND WERKSTÜCK
- KEGEL, KURVENARTEN
- ART UND ANZAHL DER BOHRUNGEN UND GEWINDE
- EINSTICHE, EINSTICHKONTUREN
- ART DER VORRICHTUNGEN
- ART UND TOLERANZEN DES ROHTEILES
- INNEN- UND/ODER AUSSENBEARBEITUNG

Vergleich NC-Fertigung zu konventioneller Fertigung



alle Teile, die diese Punktezahl unterschreiten bringen durch die NC-Technik Mehrkosten

alle Teile, mit dieser Punktezahl liegen im Bereich von einigen Mehrkosten bzw. Einsparungen durch die NC-Technik

alle Teile, die diese Punktezahl überschreiten, bringen durch die NC-Technik Einsparungen

Bild 8

REFA

L. Steidle

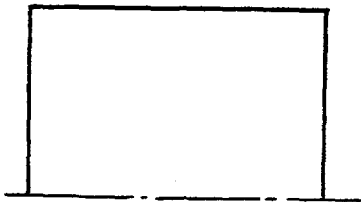
Q S B - M e t h o d e
zur Werkstückbewertung
hinsichtlich NC-Würdigkeit

Drehbearbeitung

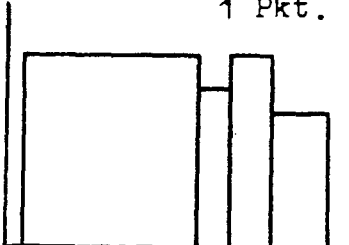
Merkmal 1: Vielgestaltigkeit des Werkstückes (Sichtbeurteilung)

Radiale, axiale Einstiche, Fasen und kurze Schrägen, steigende oder fallende Absätze sind nach Art und Anzahl als positiv für die NC-Fertigung zu bewerten. Punktbereich von 0 bis max. 10;

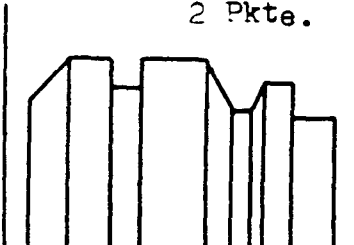
0 Pkte.



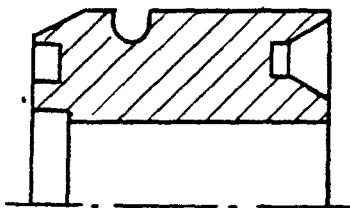
1 Pkt.



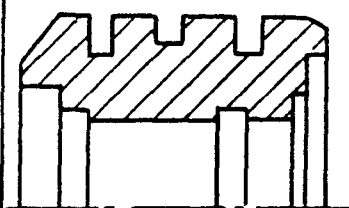
2 Pkte.



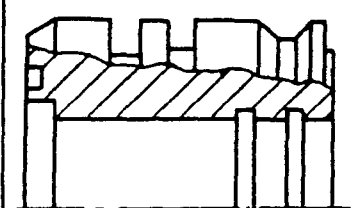
3 Pkte.



4 Pkte.



5 Pkte.

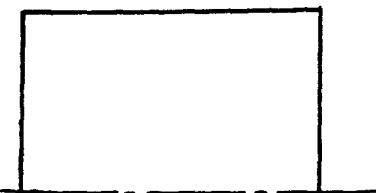


keine = 0 Pkte.	sehr wenig = 1 Pkt.	wenig = 2 Pkte.	mittel = 3 Pkte.	viele = 4 Pkte.	sehr viele = 5 Pkte.
--------------------	------------------------	--------------------	---------------------	--------------------	-------------------------

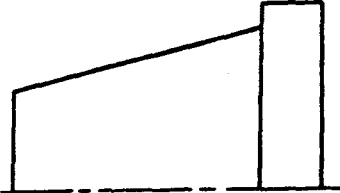
Merkmal 2: Kegel und Schrägen (Sichtbeurteilung)

Kegel und Schrägen sind nach Art und Anzahl, sowie Verschiedenartigkeit (fallend, steigend) als positiv für die NC-Fertigung zu bewerten. Kurze Fasen (mit Fassenstahl) werden nicht bewertet. Punktbereich von 0 bis max. 10;

0 Pkte.



1 Pkt.



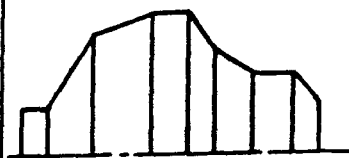
2 Pkte.



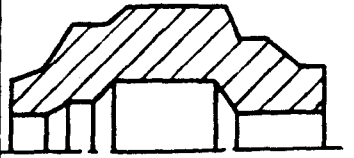
3 Pkte.



4 Pkte.



5 Pkte.



keine = 0 Pkte.	einmal = 1 Pkt.	einige wenige = 2 Pkte.	mehrere = 3 Pkte.	häufige = 4 Pkte.	viele = 5 Pkte.
--------------------	--------------------	----------------------------	----------------------	----------------------	--------------------

REFA L. Steidle		G S B - M e t h o d e zur Werkstückbewertung hinsichtlich NC-Würdigkeit				Drehbearbeitung	
Merkmal 3: Gewinde (rechts- oder linksgängig, außen, innen, soweit nicht m. Gewindebohrern bzw. Schneideisen herstellbar)							
Gewinde sind nach Art, Größe und Anzahl, sowie Verschiedenartigkeit als positiv für die NC-Fertigung zu bewerten. Punktebereich von 0 bis max.10;							
0 Pkte.		1 Pkt.		2 Pkte.			
3 Pkte.		4 Pkte.		5 Pkte.		5 Pkte. oder	
kein	sehr wenig	wenig	mittel	viele	sehr viele		
= ± 0 Pkte.	= 1 Pkt.	= 2 Pkte.	= 3 Pkte.	= 4 Pkte.	= 5 Pkte.		
Merkmal 4: Maßgenauigkeit (Sichtbeurteilung)							
Maßgenauigkeiten nach Toleranzbereich und Anzahl (relativ bezogen auf die Gesamtzahl aller Maße), sowie die Schwierigkeit der Positionierung sind als positiv für die NC-Fertigung zu bewerten. Punktebereich von 0 bis max. 5;							
Ab 0,05 mm, ISO-Toleranz 8, Winkel 1° und genauer (+, ±, -), Diese Maße sind hier so eingerahmt.							
keine	sehr wenig	wenige	mittel	viele	sehr viele		
= ± 0 Pkte.	= 1 Punkt	= 2 Pkte.	= 3 Pkte	= 4 Pkte.	= 5 Pkte.		

REFA L. Steidle	Q S B - M e t h o d e zur Werkstückbewertung hinsichtlich NC-Würdigkeit	Drehbearbeitung
---------------------------	---	-----------------

Merkmal 5: Kurven und Radien (nicht mit Formstahl herstellbare)

Nichtlineare Abweichungen vom Hüllzylinder (auch axiale) werden nach Art, Kompliziertheit und Anzahl als positiv für die NC-Fertigung bewertet. Hohe und höchste Punktzahl erhalten mathematisch definierte Kurven (Radius, Parabel, Hyperbel u.a.), sowie das Ineinanderübergehen zweier Radien oder Kurven. Innen meist schwieriger als außen. Punktbereich von 0 bis max. 10;

...max. 10, ...

1 Pkt.

2 Pkte.

3 Pkte.

4 Pkte.

5 Pkte.

keine	einmal	einige wenige	mehrere	häufige	viele
= ± 0 Pkte.	= 1 Pkt.	= 2 Pkte.	= 3 Pkte.	= 4 Pkte.	= 5 Pkte.

Merkmal 6: Anzahl der Werkzeuge in 1 Spannung

Werkzeuge, die für 1 Aufspannung benötigt werden, sind nach Einrichtungstoleranz, Mischung und Anzahl zu bewerten. Einrichtung- und Positionierschwierigkeiten sind NC-positiv zu bewerten, da die NC-Fertigung automatische, hohe Positioniergenauigkeit ermöglicht.

Hier nicht bewertet

keine = ± 0 Pkte.	sehr wenig = 1 Pkt.	wenig = 2 Pkte.	mittel = 3 Pkte.	viele = 4 Pkte.	sehr viele = 5 Pkte.
----------------------	------------------------	--------------------	---------------------	--------------------	-------------------------

Merkmal 7: Zusammenfassung von mehreren konventionellen Arbeitsgängen

Können durch die NC-Bearbeitung bisherige konventionelle Arbeitsgänge vermindert bzw. zusammengefaßt werden, so ist dies als NC-positiv zu bewerten. Nach Bedeutung und Anzahl der Arbeitsgänge wird die Punktezahl vergeben.

Punktbereich von 0 bis max. 5;

Hier nicht bewertet

keine = ± 0 Pkte.	einmal = 1 Pkt.	einige wenige = 2 Pkte.	mehrere = 3 Pkte.	häufige = 4 Pkte.	viele = 5 Pkte.
----------------------	--------------------	----------------------------	----------------------	----------------------	--------------------

REFA L. Steidle	Q S B - M e t h o d e zur Werkstückbewertung hinsichtlich NC-Würdigkeit	Drehbearbeitung
---------------------------	---	-----------------

Merkmal 8: Maß- und Formtoleranz des Rohteils (Unterschiede des Aufmaßes von Werkstück zu Werkstück)


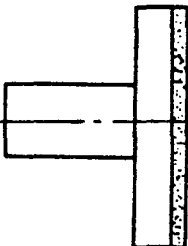
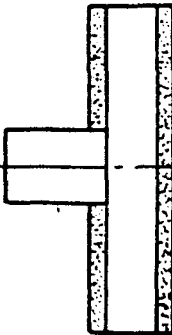
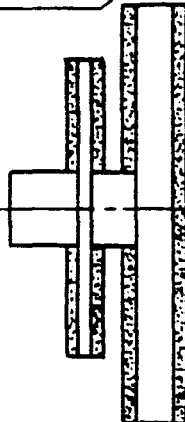
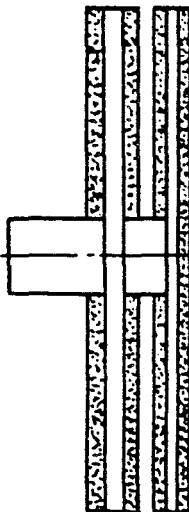
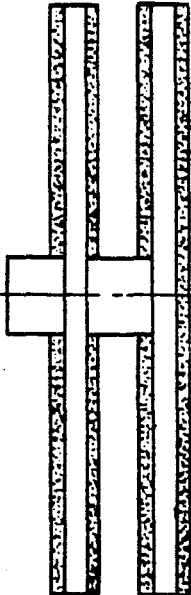
Gußteile, Schmiedeteile, Schweißkonstruktionen und gewalzte Halbzeuge als Rohteile. Es wird das Rüsten, Spannen und Positionieren erschwert, es fallen unterschiedliche Anzahlen von Schnitten an, es muß vorsichtiger gearbeitet werden wegen der Spanquerschnittänderung ungleichmäßiger Spanfluß, Schnittunterbrechungen erhöhen die ungleichmäßige Schneidenbelastung, es sind höhere Sicherheitsabstände der Anfahrwege nötig.

keine	sehr gering	geringe	mittel	viele	sehr viele
= + 0 Pkte.	= - 1 Pkt.	= - 2 Pkte	= - 3 Pkte.	= - 4 Pkte	= - 5 Pkte

Merkmal 9: Planflächen mit großen Drehdurchmesserunterschieden

NC-Maschine schaltet stufenlos unter Schnitt ohne sichtbare Absätze zu hinterlassen und erreicht stets Einhaltung optimaler Schnittwerte für jeden Durchmesser pro Planfläche. Dadurch Zeiteinsparung wegen Fortfalls des Schaltens auf günstige Drehzahl.

Bewertung von 0 bis 5 Pkte. je nach Größe der Durchmesserbereiche und deren Anzahl.

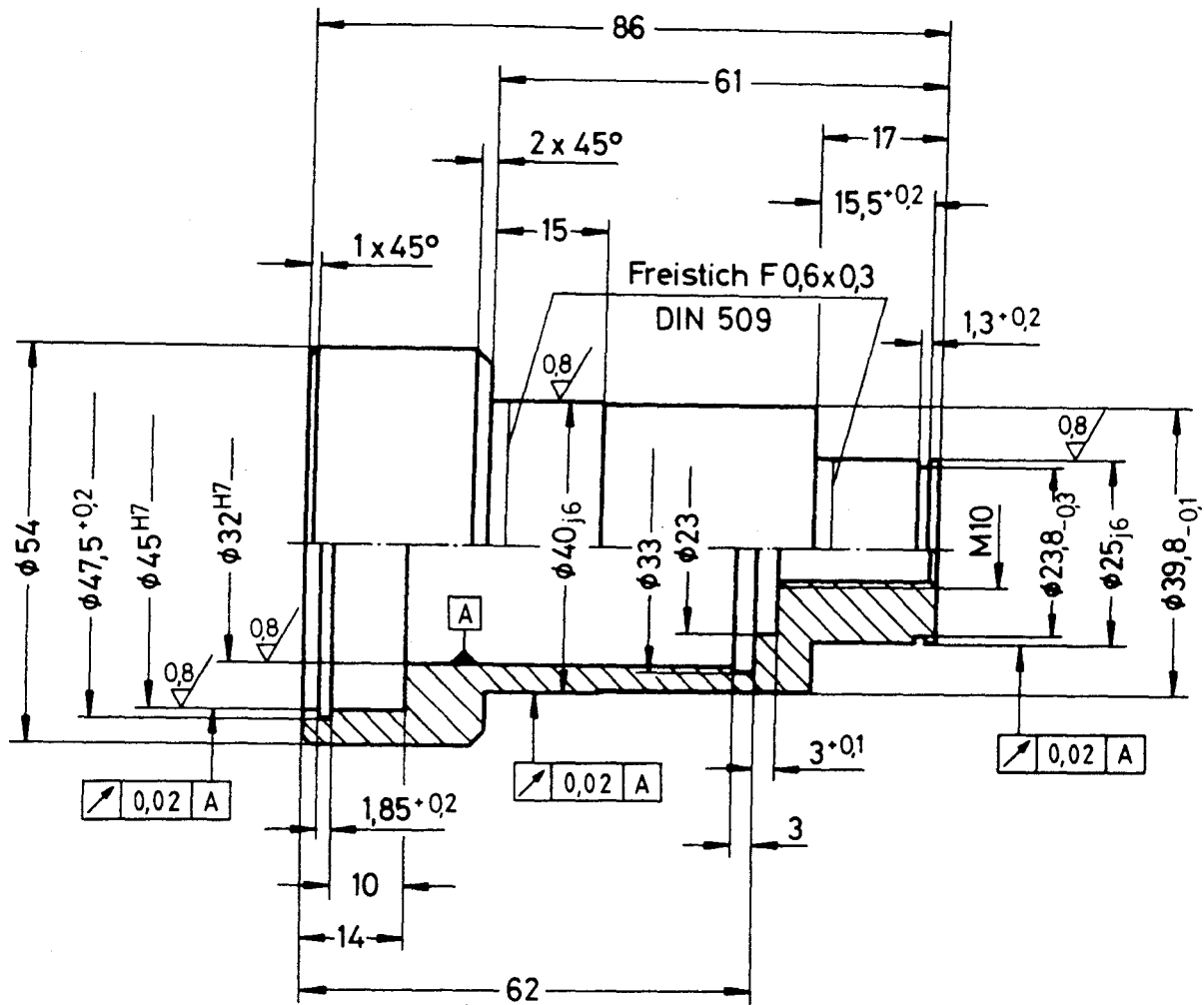
					
keine	einmal	einige wenige	mehrere	häufige	viele
= + 0 Pkte.	= 1 Pkt.	= 2 Pkte.	= 3 Pkte	= 4 Pkte.	= 5 Pkte

Merkmal 10: Zerspanbarkeit der Metalle auf NC-Drehmaschinen

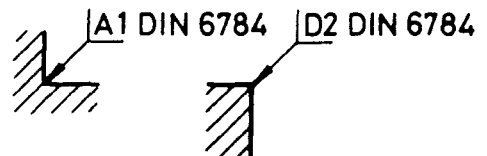
Hier nicht bewertet

V o r t e i l e

keine	geringe	wenige	mittlere	viele	sehr viele
= + 0 Pkte.	= 1 Pkt.	= 2 Pkte.	= 3 Pkte.	= 4 Pkte.	= 5 Pkte.



3.2/ (✓)



		Freimaßtoleranz mittel DIN 7168		Oberfl. ISO 1302	Ø 58 x 90 DIN 1013 - Ck 35 N	
25j6	+ 0,009 - 0,004		Tag	Name	Hülse	
40j6	+ 0,011 - 0,005	Bearb.	3.3. 80	<i>Steidle</i>		
32H7	+ 0,025 0	Gepr.				
		Norm				
45H7	+ 0,025 0	REFA L. Steidle				Maßstab 1:1
Paßmaß	Abmaß					

REFA
L. Steidle

Entscheidungsfindung über Zweck-
mäßigkeit der NC-Fertigung nach
(B) werkstückbezogenen Merkmalen

1. Werkstückdaten

Bezeichnung: *Hülse*

Baugruppe:

Zeichn./Stüchl.Nr.: *8638804*

Werkstoff: *Ck 35N*

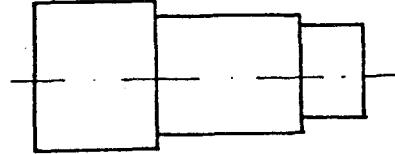
Vorraussichtlicher Produktionsumfang:

Laufzeit: ... Jahre Plan.Losgr. L=... *100*

Loszahl A: ... Gesamtstückzahl N=AxL=...

Skizze und Bemerkungen

Weitere Einzelheiten siehe Zeichnung und Arbeitsplan



2. Anleitung für die Bewertung zur Zweckmäßigkeit der NC-Fertigung gegenüber konventioneller Fertigung

verbale Aussage	ungeeignet	neutral, Grenzfall	geeignet	gut geeignet	"typisch NC" sehr gut geeignet
Punkte	-1(÷-3)	0	1	2	3

Eine unterbliebene Bewertung wird als neutral (0) gewertet.

3. Merkmals- und Bewertungstabelle

Nr.	Merkmal	Pkt.	Nr.	Merkmal	Pkt.
1	Allgem. Vielgestaltigkeit des Werkstückes	2		Zwischensumme	4
2	Kurven	0	7	Steifigkeit des Werkstückes	-1
3	Kegel	0	8	Spannmöglichkeit	0
4	Gewinde	-1	9	Maß- und Formtoleranz des Rohteiles	0
5	Maßgenauigkeit	2	10	Große Durchmesserunterschiede beim Planen	0
6	Anzahl der Werkzeuge in einer Spannung	1	11		
Zwischensumme		4	Summe		3

Losgröße	1÷10	11÷20	21÷50	> 50
Faktor	1	1,2	1,5	1,8

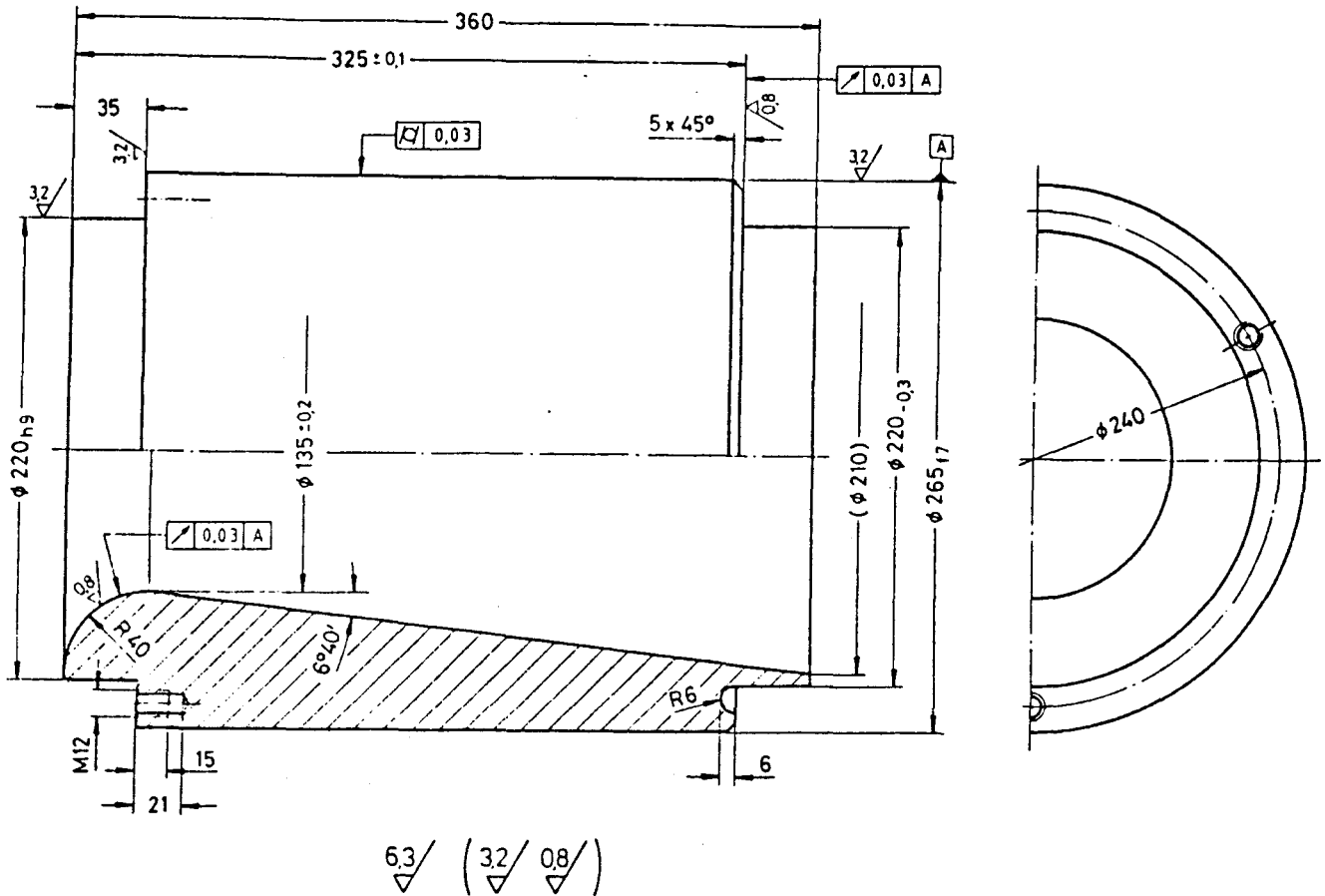
3 x 1,8 = 5,4 Punkte
.....

4. Entscheidungsregeln

- a) < 1 Punkt: konventionelle Fertigung
- b) > 3 Punkte: NC-Fertigung
- c) von 1 bis 3 Punkte: Füllteil

NC-Fertigung ja ☒ nein ☐
Füllteil ☐

Datum: *14.3.76*
gez.: *Steidle*



Werkstückbewertung nach der QSB - Methode für Drehbearbeitung

für

Z. - Nr.

Nr.	Merkmal	Punkte	Faktor	Punkte	Werkzeuge	Anzahl	Entscheidung NC (+) ⊗ NC (±) ○ NC (-) ○ Name: Datum:
1	Vielgestaltigkeit des Werkstückes	2					
2	Kegel und Schrägen	1					
3	Gewinde	/					
4	Maßgenauigkeit	1					
5	Kurven und Rundungen	1					
6	Anzahl der Werkzeuge in 1 Spannung	/					
7	Spannmöglichkeiten	/					
8	Steifigkeit des Werkstückes	/					
9	Zus.- Fassung v. konvention. Arb.-Gg.	/					
10	Maß- u. Formtoleranz des Rohteils	/					
11	Große Planflächen	/					
12	Zerspanbarkeit des Werkstoffes	1					
13							
14							
Summe:		6	/				

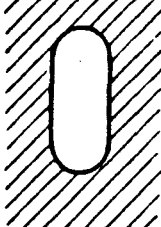


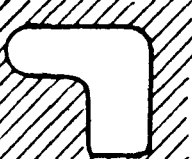
		Freimaßtoleranz mittel DIN 7168	Oberfläche ISO 1302	Ø 280 x 367 DIN 1013 - 21CrMoNiV47		
		Tag	Name	Düse		
		Bearb.	14.3.96			
		Gepr.				
		Norm				
220 h9	0	REFA L. Steidle			Maßstab unmaßstäblich	
	- 0.115					
	- 0.056					
265 f7	- 0.105					
Paßmaß	Abmaß					

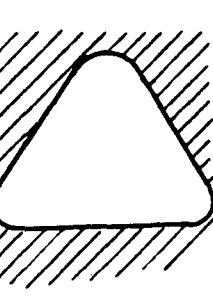
REFA L. Steidle	Werkstückbewertung nach der GSB-Methode (werkstückbezogene Bearbeitungsmerkmale)		Fräs- u. Rohrbearbeitung		
Merkmal 1: <u>Vielgestaltigkeit der Bearbeitungsebenen</u> (max. 10 Pkte. möglich) Sichtbeurteilung hinsichtlich <u>Kompliziertheit</u> und Menge in diesen Ebenen					
keine = 0 Pkte.	geringe = 1 Pkt.	mittlere = 3 Pkte.	große = 5 Pkte.		
sowie höhen- u. winkelmäßige Unterschiede in diesen Ebenen.					
nur 1 Ebene = 0 Pkte.	wenige = 1 Pkt.	mehrere = 3 Pkte.	viele = 5 Pkte.		
Merkmal 2: <u>Anzahl und Art von Bohrungen bzw. Positioniervorgängen</u> (nach firmenspezifischem Teilespektrum)					
Bei Positioniervorgängen für Bohrungen bietet die NC-Fertigung durch Schnelligkeit u. Genauigkeit wesentliche Vorteile. Je mehr Bohrungen, umso günstiger. Bewertet wird daher die <u>Anzahl</u> der Bohrungen. Bohrungen mit Absätzen und/oder Werkzeugwechsel (vorbohren, aufbohren, senken, reiben, gewindeschneiden) zählen pro Absatz bzw. pro Werkzeugwechsel zusätzlich. Die <u>unterschiedliche Art</u> v. Bohrungen z.B. Senkung, Reibung, Gewinde) spielt hierbei eine untergeordnete Rolle.					
Sichtbeurteilung!					
Die Lage der Bohrungen in den verschiedenen Ebenen ist hier gleichgültig (wurde bereits in Merkmal 1 bewertet).					
keine oder vereinzelt = 0 Pkte.	sehr wenig = 1 Pkt.	wenige = 2 Pkte.	mittlere Anzahl = 3 Pkte.	über 20 bis 40 = 4 Pkte.	über 40 = 5 Pkte. maximal

REFA L. Steidle	Werkstückbewertung nach der QSB-Methode (werkstückbezogene Bearbeitungsmerkmale)	Fräs- u. Bohr- bearbeitung
---------------------------	--	---------------------------------------

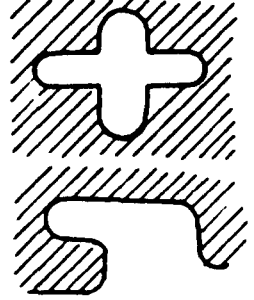
Merkmal 3: Durchbrüche u. Aussparungen (max. 10 Punkte möglich)

Die Durchbrüche und Aussparungen sind nach Formenschwierigkeit und Anzahl positiv zu bewerten. Dies gilt für alle Ebenen als Summe.

einfach	mittelschwierig	schwierig
	 	
= 1 Pkt.	= 2 Pkte.	= 3 Pkte.



= 4 Pkte.




= 5 Pkte.

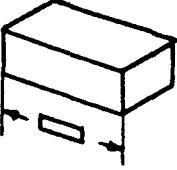
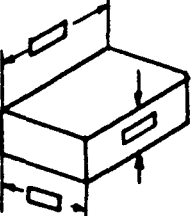
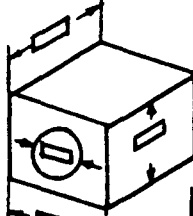
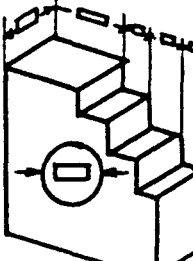
Unabhängig von der Form hat die Anzahl noch Punkte:

kommt vor: 1 x	2 x	3 x	4 x	5 x u. mehr
= 1 Pkt.	= 2 Pkte.	= 3 Pkte.	= 4 Pkte.	= 5 Pkte.

Merkmal 4: Maßgenauigkeit (NC-Vorteile: Schnell und zuverlässig bei Wiederholungen)

Ab 0,05 mm, ISO-Toleranz 8, Winkel 1 ° und genauer (+, ±, -,). Diese Maße sind hier so  eingerahmt.


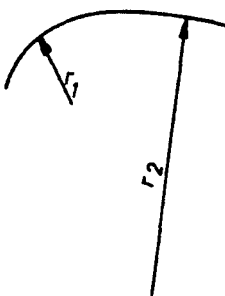
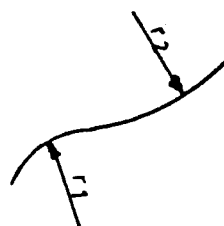

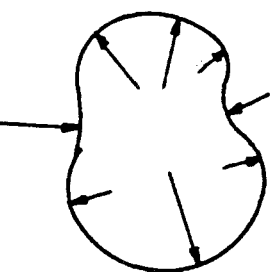
Maßgenauigkeiten, die durch Werkzeuge bedingt sind (z.B. Bohrer, Reibahlen bis Ø 50 mm, Formfräser), werden nicht bewertet. Bohrungen > 50 mm mit entsprechender Toleranzangabe, werden berücksichtigt.

					
0 - 1 kaum vor- handen = 0 Pkte.	2 - 3 sehr wenig = 1 Pkt.	4 wenig = 2 Pkte.	5 - 6 befriedigend = 3 Pkte.	7 - 8 viele = 4 Pkte.	über 8 sehr viele = 5 Pkte. maximal

REFA L. Ste...	Werkstückbewertung nach der QSB-Methode (werkstückbezogene Bearbeitungsmerkmale)	Fräs- u. Bohr- bearbeitung
--------------------------	---	-------------------------------

Merkmal 5: Kurven und Radien (maximal 10 Pkte. möglich)

Nichtlineare Innen- oder Außenkonturen, 2- oder 3-dimensional, offen oder geschlossen, werden nach Formenschwierigkeit und Anzahl bewertet. Nicht zu bewerten sind geschlossene Bohrungen (mit Bohrer oder Zirkularfräsen entstanden).
Bei räumlichen Kurven wird 1 Punkt zusätzlich bewertet. Bei Eintragung nur volle Punktzahl angeben. (evtl. weitere Achse).

einfach = 1 Pkt.	mittelschwierig = 2 Pkte.	= 3 Pkte.	= 4 Pkte.	kompliziert = 5 Pkte.
				
Anzahl: 2 = 1 Pkt.	3 - 5 = 2 Pkte.	6 - 10 = 3 Pkte.	11 - 15 = 4 Pkte.	über 15 Kurven oder Radien = 5 Pkte.

Beispiel: 16 Kurven oder Radien, kompliziert: = 5 + 5 = 10 Pkte.

Merkmal 6: Anzahl der Werkzeuge

Hier nicht bewertet

Merkmal 7: Spannmöglichkeiten:


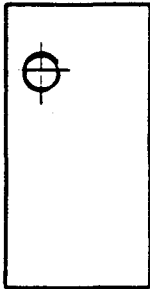
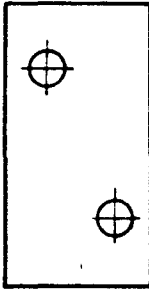
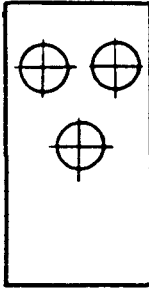
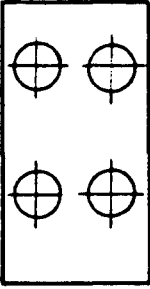
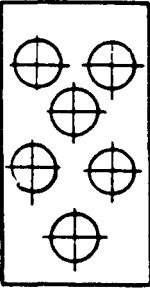
Hier nicht bewertet

REFA L. Steidle	Werkstückbewertung nach der QSB-Methode (werkstückbezogene Bearbeitungsmerkmale)	Fräs- u. Bohr- bearbeitung
---------------------------	---	-------------------------------

Merkmal 8: Große Bohrungen (maximal 5 Pkte. möglich)

Große Bohrungen können mit der NC-Technik durch das Zirkularfräsen oft schneller als konventionell durch Ausdrehen, hergestellt werden. Bis zu 50 mm gilt dies nicht, da für die üblichen Maße passende Werkzeuge (Bohrer, Reibahlen) verwendet werden.

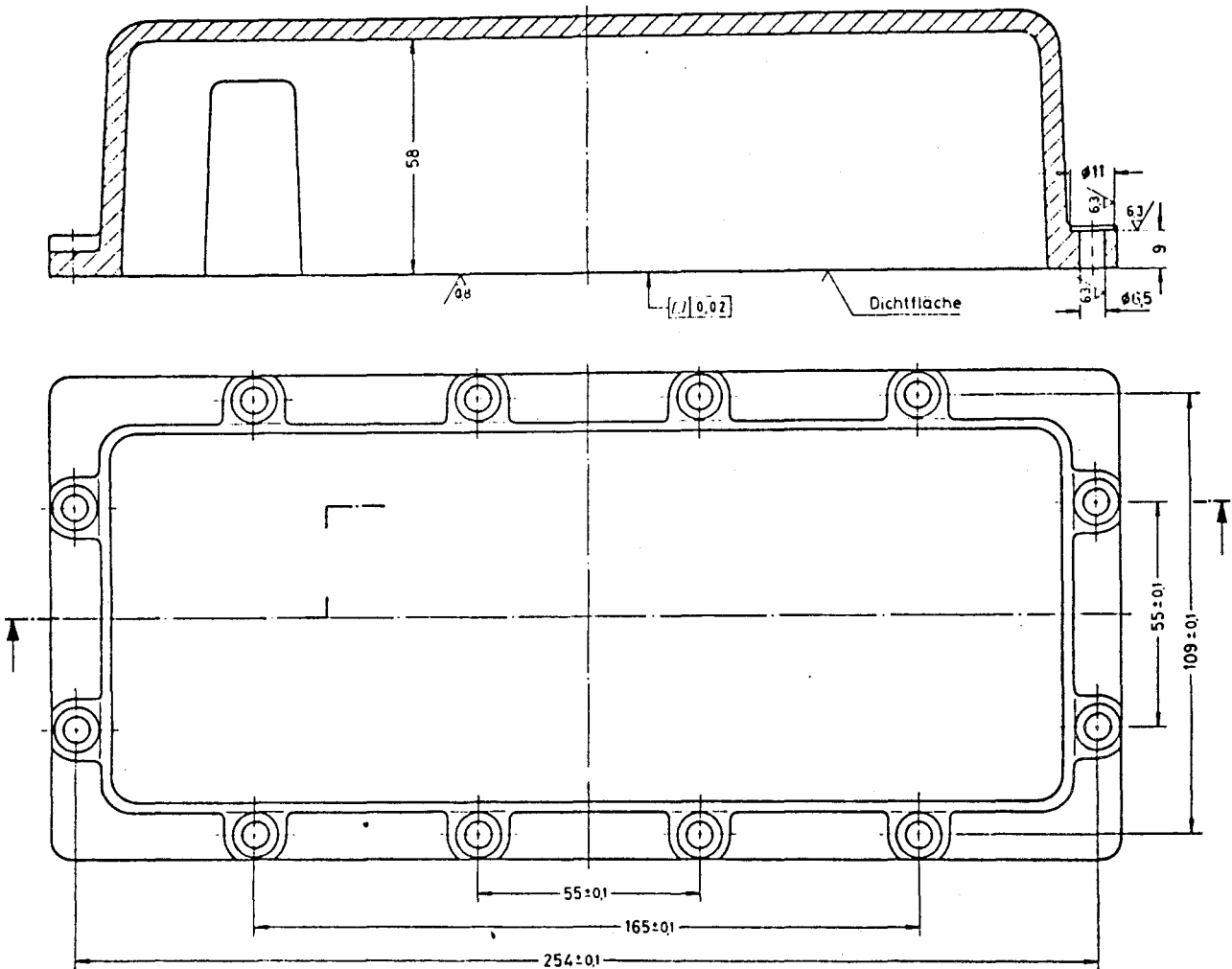
Wird diese Methode auch schon unter \varnothing 50 mm angewandt, so liegt man mit den daraus folgenden Vorteilen bei unserer Untersuchung auf der sicheren Seite (d.h. zugunsten der NC-Technik).

					
0	1	2	3	4	über 4
keine = 0 Pkte.	wenige = 1 Pkt.	mittlere Anzahl = 2 Pkte.		viele = 4 Pkte.	
		= 3 Pkte.		= 5 Pkte. maximal	

Merkmal 9: Zusammenfassung von mehreren konventionellen Arbeitsfolgen

Bei der NC-Fertigung lassen sich häufig mehrere konventionelle Arbeitsfolgen (z.B. Anreißen, Fräsen, Bohren, Gewindeschneiden) zusammenfassen bzw. kann auch manche Arbeitsfolge entfallen. Positiv bewertet werden soll die Anzahl der vermutlich entfallenden bzw. der nicht mehr einzeln anfallenden Arbeitsfolgen. Es werden stets nur ganze Punkte vergeben.

Arbeitsfolgenanzahl					
0	1	2	3	4	5
keine	wenige		mehrere	viele	
= 0 Pkte.	= 1 Pkt.	= 2 Pkte.	= 3 Pkte.	= 4 Pkte.	= 5 Pkte. maximal



✓ (6.3/0.8)

A1 DIN 6784 D2 DIN 6784

		Freimaßtoleranz mittel DIN 7168		Oberfl. ISO 1302	Modell – Nr. M 800307 – G Al Si 10 Mg	
			Tag	Name	Deckel	Maßstab unmaßstäblich
		Bearb.	6. 3. 80	<i>neu.</i>		
		Gepr.				
		Norm				
		REFA L. Steidle				
Paßmaß	Abmaß					

REFA

L. Steidle

Entscheidungsfindung über Zweck-
mäßigkeit der NC-Fertigung nach

Ⓑ werkstückbezogenen Merkmalen

1. Werkstückdaten

Bezeichnung: Deckel

Baugruppe:

Zeichn./Stüchl.Nr.: D19 061

Werkstoff: G Al Si 10 Mg

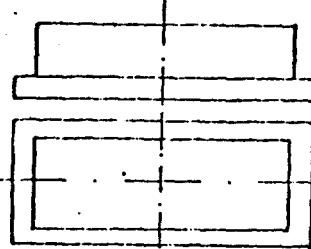
Voraussichtlicher Produktionsumfang:

Laufzeit: ...Jahre Plan.Losgr. L=355

Loszahl A=... Gesamtstückzahl N=AxL=....

Skizze und Bemerkungen

Weitere Einzelheiten siehe Zeichnung und Arbeitsplan



2. Anleitung für die Bewertung zur Zweckmäßigkeit der NC-Fertigung gegenüber konventioneller Fertigung

verbale Aussage	ungeeignet	neutral, Grenzfall	geeignet	gut geeignet	"typisch NC" sehr gut geeignet
Punkte	-1 (±-3)	0	1	2	3

Eine unterbliebene Bewertung wird als neutral (0) gewertet.

3. Merkmals- und Bewertungstabelle

Nr.	Merkmal	Pkt.	Nr.	Merkmal	Pkt.
1	Vielgestaltigkeit der Bearbeitungsebenen	-3		Zwischensumme	1
2	Anzahl der Bohrungen	2	6	Anzahl der Werkzeuge	0
3	Anzahl der Durchbrüche und Aussparungen	0	7	Spannmöglichkeiten	1
4	Maßgenauigkeit	2	8	große Bohrungen tiefe Bohrungen (> 3xD)	0
5	Kurven und Radien	0	9		
Zwischensumme		1	Summe		2

Losgröße	1÷5	6÷20	21÷50	51÷100	>100
Faktor	1	1,5	1,4	1,1	1

2 x 1 = 2 Punkte
.....

4. Entscheidungsregeln:

a) < 2 Punkte: konventionelle Fertigung

b) > 4 Punkte: NC-Fertigung

c) von 2 bis 4 Punkte: Füllteil

NC-Fertigung ja ☐ nein ☐
Füllteil ☒

Datum: 14.4.76

gez.: Zimmermann

für

Z.-Nr.

Nr.	Merkmal	Punkte	Faktor	Punkte	Werkzeuge	Anzahl
1	Vielgestaltigkeit d. Bearbeitungsebenen	2				
2	Anzahl und Art von Bohrungen	2				
3	Durchbrüche u. Aussparungen	1				
4	Maßgenauigkeit	1				
5	Kurven und Rundungen	2				
6	Anzahl der Werkzeuge	1				
7	Spannmöglichkeiten	1				
8	Große Bohrungen, tiefe Bohrungen > 3 D	1				
9	Zus.-Fassung v. konvention. Arb.-Gg.	1				
10	Maß- u. Formtoleranz des Rohteils	1				
11	Zerspanbarkeit des Werkstoffes	1				
12						
13						
14						
Summe:		9	1			

Entscheidung

NC (+) ○ > 7

NC (±) ○ 4-7

NC (-) ○ < 4

Name:

Datum:

Freimaßtoleranz
mittel DIN 7168

Oberfläche
ISO 1302

Fl 120 x 12 x 165 DIN 1017 - 90 MnCrV8

Kurvenplatte

Maßstab
unmaßstäblich

8 H7

Paßmaß

Abmaß

• 0,015

0

REFA

L. Steidle

Kriterien zur Beurteilung der NC-Eignung - Drehen					
Beurteilungskriterium	Skizze	Ausprägung	Beurteilungskriterium	Skizze	Ausprägung
Werkstoff		Zugehörigkeit zu einer Werkstoffgruppe	Konus Innen		Anzahl unterschiedlicher Formelemente
Ausgangsform		Formteil	Radius außen		
		Stangen- bzw. Rohrabschnitt	Radius Innen		
		Stange bzw. Rohr	Bahnkurve außen		
			Bahnkurve Innen		
Steigungsrichtung axial außen		1. Ordnung	Einstich außen		
		2. Ordnung	Einstich Innen		
		3. Ordnung	Ringnut		
			Freistich außen		
Steigungsrichtung axial innen		1. Ordnung	Freistich Innen		
		2. Ordnung	Gewinde außen		
		3. Ordnung	Gewinde Innen		
Steigungsrichtung radial 1. oder 2. Stirnseite		1. Ordnung	Länge		Längenkategorie 1... n
		2. oder höherer Ordnung	Durchmesser		Durchmesserklasse 1... n
Fase außen		Anzahl unterschiedlicher Formelemente	Zeichnungsmaße		Anzahl
Fase Innen			Toleranzen		Anzahl Genauigkeitsangaben
Konus außen			Oberflächen-güte		
			Konzentrität		

Beurteilung der wirtschaftl. NC-Eignung Drehen: Beispielwerkstück 'Hülse'

Datum

Bearbeiter

Abteilung

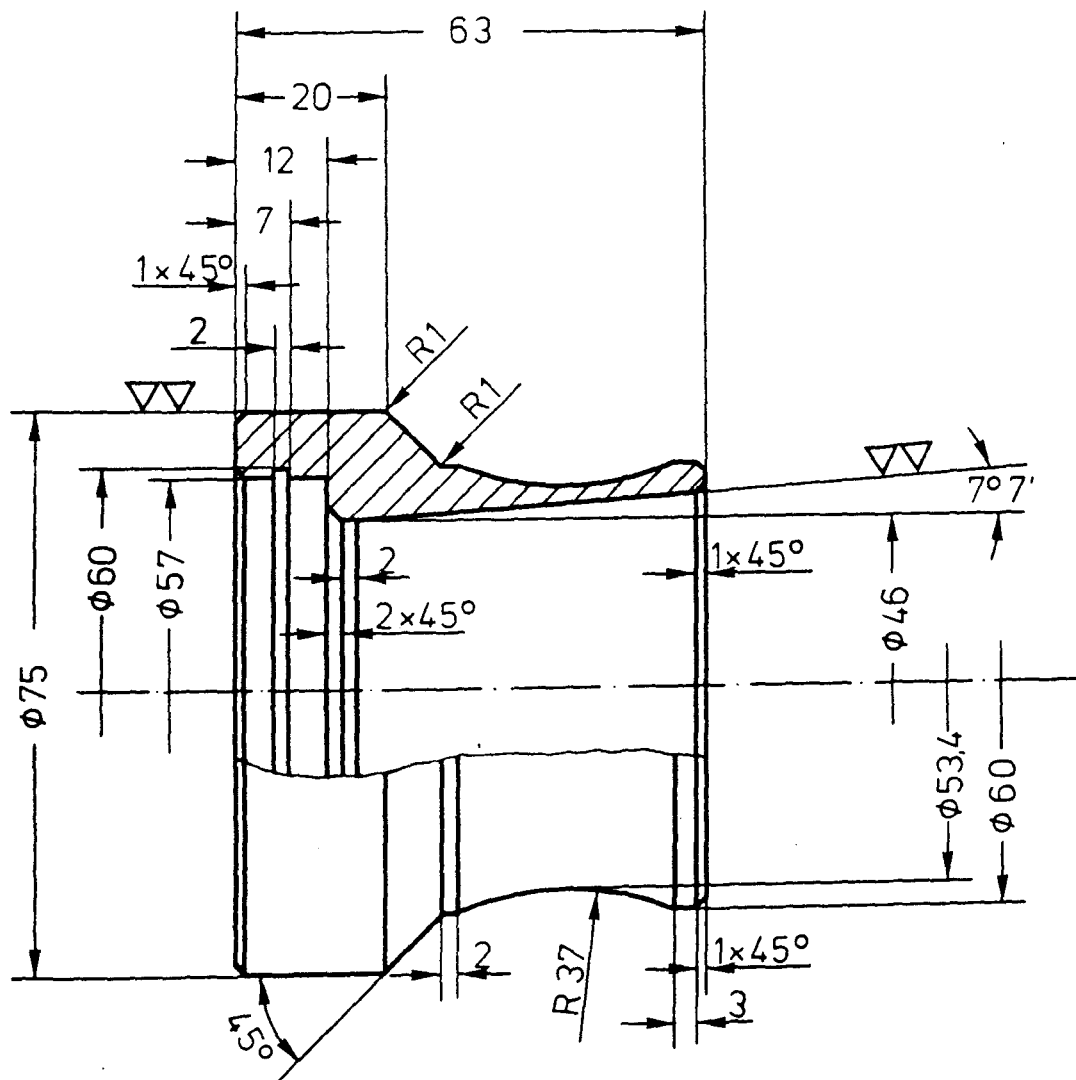
Masch. Gr.

Zeichng. Nr.	Ag	Benennung	WA	Plant Nr.	Losgröße 10	Losanzahl 8	Punkte			
Werkstoff	Art	St/GS/CrNi	GG	Al, Cu-Leg.	-	-				
	Bewertung	①	2	3	-	-	1			
Ausgangsform	Art	Formteil	Stangen bzw. Rohrabschnitt	Stange bzw. Rohr	-	-				
	Bewertung	1	③	4	-	-	3			
Werkstück-kontur (unterschiedliche Formelemente)	Art	Ausprägung	0. Ordnung	1. Ordnung	2. Ordnung	höherer Ordn.				
	Steigungs-richtung	Bewertung	außen axial	1	2	③	4	3		
			innen axial	1	2	④	5	4		
			1. Stirnseite	①	2	3	3	1		
			2. Stirnseite	①	2	3	3	1		
	Art	Anzahl	1	2	3-4	>4				
	Fase	Bewertung	außen	1	①	2	3	1		
			innen	2	2	③	4	3		
	Konus	Bewertung	außen	①	2	3	3	1		
			innen	②	3	4	4	2		
	Radius	Bewertung	außen	2	②	3	4	2		
			innen	3	3	4	5			
	Bahnkurve	Bewertung	außen	3	3	4	5	3		
			innen	4	5	6	7			
	Einstich	Bewertung	außen	1	2	3	4			
			innen	②	3	4	5	2		
	Ringnut	Bewertung	3	5	5	6				
	Freistich	Bewertung	außen	1	2	3	4			
			innen	2	3	4	5			
	Gewinde	Bewertung	außen	2	3	4	5			
innen			2	3	4	5				
Abmessungen	Bereich	≤ 100	>100/ ≤ 350	>350/ ≤ 700	>700					
	Werkstücklänge mm	Bw	①	1	2	3	1			
	Bereich	≤ 50	>50/ ≤ 100	>100/ ≤ 300	>300					
	Werkstückdurchmesser mm	Bw	1	①	2	3	1			
	Bereich	≤ 1,5	>1,5/ ≤ 6,0	>6,0	-					
L/D-Verhältnis	Bw	①	2	3	-	1				
	Anzahl	≤ 10	>10/ ≤ 20	>20/ ≤ 30	>30					
Längen u. Durchmessermaße	Bw	2	④	6	8	4				
	Art	Anzahl	1-3	4-6	7-9	>9				
Genauigkeitsanforderungen	Toleranzen < 0,2 mm	Bewertung	1	2	3	4				
	Rauhtiefe $R_a = 1,6 (\mu m)$	Bewertung	2	3	4	5				
	Konzentritäten = 0,05	Bewertung	3	4	5	6				
Schwierigkeitsgrad							34			
Losanzahl	Losgröße	Stückfaktor	1-3	4-8	9-15	16-29	30-59	60-99	>100	
			1-2	1	1,7	2,2	2,7	3,2	3,5	3,65
			3-5	1,2	2,0	2,5	3,1	3,4	3,6	3,7
			6-10	1,5	2,2	2,6	3,2	3,5	3,65	3,75
>10	1,7	2,3	2,7	3,3	3,6	3,7	3,8			
Punktzahl 34 x Stückfaktor 2,6 = NC-Kennzahl							88,4			
Bemerkung							>80 = NC-geeignet			
							NC-Eignung ja/nein			

Werkstück: Hülse

Werkstoff: X12 CrNi S 18 8

Rohteil: Ø 80 x 70 abgesägt



nach VDI-BW 4329

